

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК ТАДЖИКИСТАНА
ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
АГЕНТСТВО ПО ХИМИЧЕСКОЙ, БИОЛОГИЧЕСКОЙ,
РАДИАЦИОННОЙ И ЯДЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

На правах рукописи

УДК: 504.064+504.75(575.3)

ББК: 20.18

М – 90

МУМИНОВ САФАРАЛИ ВАЛИЕВИЧ

**СОСТОЯНИЕ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И РАДОНОВЫЙ
МОНИТОРИНГ ТЕРРИТОРИИ ТАДЖИКИСТАНА**

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание учёной степени кандидата технических наук
по специальности 03.02.08 – Экология (технические науки)

Научный руководитель:

Доктор технических наук, доцент
Мирсаидзода Илхом

Душанбе – 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ.....	4
ВВЕДЕНИЕ	5
ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ.....	8
ГЛАВА 1. СОСТОЯНИЕ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И ПРОЦЕССЫ ОБРАЗОВАНИЯ РАДИОАКТИВНЫХ УРАНОВЫХ ОТХОДОВ (обзор литературы).....	
	15
1.1. Образование радиоактивных урановых отходов в Таджикистане.....	15
1.2. Оценка состояния урановых хвостохранилищ в Таджикистане.....	17
1.3. Характеристика урансодержащих шахтных и дренажных вод Таджикистана.....	21
1.4. Радоновый мониторинг и охрана окружающей среды.....	27
1.5. Мониторинг радионуклида цезия-137.....	36
1.6. Оценка доз облучения населения.....	39
ГЛАВА 2. РАДИОНУКЛИДНЫЙ МОНИТОРИНГ БИОСФЕРЫ ТАДЖИКИСТАНА.....	
	43
2.1. Изучение содержания природных радионуклидов в почвах некоторых районов Таджикистана.....	43
2.2. Содержание изотопа цезия-137 в почвенном покрове центрального и южного Таджикистана.....	49
2.3. Радиоэкологическая ситуация северного Таджикистана.....	57
2.4. Удельная суммарная активность природных радионуклидов в воде источников питьевого водоснабжения Хатлонской области Республики Таджикистан.....	63
2.5. Радиационный мониторинг некоторых территорий Таджикистана.....	67
2.5.1. Радионуклидный мониторинг ущелья Канаск Вахдатского	

<i>района Республики Таджикистан</i>	67
2.5.2. <i>Радионуклидный мониторинг ущелья Алмасы Гиссарского района Республики Таджикистан</i>	70
2.5.3. <i>Радионуклидный мониторинг ущелья Камароб Раитского района Республики Таджикистан</i>	73
2.5.4. <i>Радионуклидный мониторинг озера Искандеркуль и его окрестностей</i>	76
2.5.5. <i>Сравнительный анализ радиоэкологической ситуации в некоторых регионах Таджикистана</i>	82

ГЛАВА 3. РАДОНОВЫЙ МОНИТОРИНГ РЕГИОНОВ

ТАДЖИКИСТАНА	89
3.1. <i>Исследования содержания радона в атмосферном воздухе и в жилых помещениях города Душанбе Республики Таджикистан</i>	89
3.2. <i>Изучение уровней содержания радона в зданиях дошкольных и школьных учреждений г. Душанбе Республики Таджикистан</i>	95
3.3. <i>Изучение ЭРОА радона в зданиях дошкольных и школьных учреждений южных районов Республики Таджикистан</i>	108
3.4. <i>Радоновый мониторинг районов Таджикистана, расположенных вблизи территорий хвостохранилищ</i>	118
3.5. <i>Анализ результатов проведения радонового мониторинга в Республике Таджикистан</i>	121

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

<i>Основные научные результаты диссертации</i>	126
<i>Рекомендации по практическому использованию результатов</i>	127
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	128
<i>Список использованных источников</i>	128
<i>Список публикаций соискателя по теме диссертации</i>	148

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

ИИ	Ионизирующее излучение
ИИИ	Источники ионизирующего излучения
АЭС	Атомная электростанция
МАГАТЭ	Международное агентство по атомной энергии
ДТА	Дифференциально-термический анализ
ПДК	Предел допустимой концентрации
ОА	Объёмная активность
ЭРОА	Эквивалентная равновесная объёмная активность
ППР	Плотность потока радона
ОНБ	Основные нормы безопасности
МКРЗ	Международная комиссия по радиологической защите
ДПР	Дочерние продукты распада
МЭД	Мощность экспозиционной дозы
НРБ	Норма радиационной безопасности
РБ	Радиационная безопасность
ППР	Плотность поток радона

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Защита населения и объектов от ионизирующего излучения является актуальной задачей. Необходимость в защите от радиации возникла сразу после открытия радиоактивности.

Облучение человека радионуклидами происходит за счёт внешних и внутренних воздействий. Естественное фоновое излучение – это основной источник облучающего воздействия на человека. Его основными компонентами можно назвать излучение от радионуклидов, расположенных в земной коре и космические лучи. Эти два компонента распределены неравномерно в биосфере Земли. Что касается космического излучения, то на поверхности земли оно незначительно, и вносит в среднегодовые дозы всего в среднем 10%. Соответственно, внешнее воздействие от природных радионуклидов зависит от состава почв и имеет важное значение в районах с высоким содержанием ^{222}Rn и монацитового песка. Наибольшее воздействие на внутреннее облучение человека оказывает газ радон (его вклад в среднюю годовую дозу населения равен $> 50\%$), а также природное естественное облучение (вклад которого в среднем 10%).

Человеческая деятельность способствовала увеличению общего радиационного фона. Последствия глобальных испытаний ядерного оружия, проведённых в 1945-1980 годах XX в., в настоящее время также отражаются на содержании в биосфере долгоживущих изотопов ^{90}Sr и ^{137}Cs . Максимальное облучение отмечалось в 1963 году, когда на него приходилось от 7 до 10% естественного природного фона. Горнодобывающие и горно-перерабатывающие предприятия промышленного комплекса, деятельность которых заключается в добыче и переработке ископаемого сырья, являются источниками локальных загрязнений местного характера, сбрасывая в природную среду отходы с высокими содержаниями природных изотопов. Ещё одним источником ограниченных выбросов в окружающую природную среду радиоактивных веществ являются предприятия атомной и тепловой энергетики. Угольные тепловые электростанции вносят значительно больший вклад в загрязнение по сравнению с нормально эксплуатируемыми атомными станциями. Однако нарушения рабочих циклов на некоторых АЭС

привели к значительным авариям, нанеся огромный ущерб окружающей природной среде.

В развитых странах в медицине широко распространено применение ионизирующего излучения, его используют для диагностирования и лечения различных заболеваний, однако данное облучение вносит основной вклад в техногенное облучение людей. Наиболее широко используемыми диагностическими процедурами являются рентгенография, флюорография и, совсем недавно, компьютерная томография. В отдельных развитых странах воздействие этих процедур является сопоставимым с воздействием естественного фонового излучения.

Ограниченное число людей вступают в контакт с источниками излучения в рамках своей профессиональной деятельности. К ним отнесены работники атомной и энергетической промышленности, врачи и сотрудники медицинских учреждений, использующие в своей профессиональной деятельности источники ионизирующего излучения, и выполняющие дефектоскопические рентгеновские исследования. Экипажи самолётов на регулярных рейсах также относятся к данной категории, поскольку на них оказывает воздействие естественное космическое излучение.

Имеется также большое число небольших источников облучения, среди которых нужно указать, в частности, содержащие радиоактивные материалы товары потребления. Исторически сложилось так, что радиолюминесцентное освещение шкал и часовых стрелок или приборов, а также детекторы пожарного дыма на основе ионизационных камер получили широкое распространение. Указанные товары общего потребления в своём составе содержат незначительные количества радиоактивных материалов в них незначительно. Исходя из вышеизложенного, исследования по изучению воздействия ИИ на живые виды является актуальной задачей.

Степень изученности данной научной работы представляет собой краткий обзор и обобщённый анализ имеющихся научных достижений в области радиационной экологии, в Республике Таджикистан методологические и теоретические основы данной проблемы являются не разработанными.

Основой для нашего исследования послужили отечественные и иностранные научные труды авторов, которые работали по данному направлению, это научные труды учёных: М.В. Жуковского, И.В. Ярмошенко, Е.А. Пивоварова, А.А. Пивоварова, С.И. Воронова, Д.В. Кононенко, Т.А. Кормановской, А.А. Цапалова, С.М. Киселева, А.М. Маренного, Е.В. Сулейманова, А.О. Коршунова, А.В. Онищенко, Г.П. Малиновского и др.

Из отечественных авторов, которые проводили работы по радиационному мониторингу территорий вокруг хвостохранилищ, исследовали миграцию цезия-137 в некоторых территориях Таджикистана, проводили радоновый мониторинг северного Таджикистана и исследовали пылевые и газовые примеси в аридных зонах, нужно назвать Х. Муртазаева, А. Джураева, С.Ф. Абдуллаева, У. Мирсаидова, Н. Хакимова, И.У. Мирсаидова, Х.М. Назарова, Б.Б. Баротова, Дж.А. Саломова и др.

Связь работы с научными программами (проектами), темами.

Работа выполнена в рамках региональных проектов и программ:

– Физико-химические основы радиационной экологии, разработка региональных радиоэкологических карт и радиационный мониторинг биосферы Таджикистана (ГРН 01115ТJ00471 - 2015-2019 гг.);

– Региональный проект технического сотрудничества МАГАТЭ RER9153 «Усиление регионального потенциала по контролю над долгосрочными рисками для населения за счет радона в жилищах и на рабочих местах» (2018-2020 гг.);

– Закон Республики Таджикистан «Об охране окружающей среды» № 760. г. Душанбе, 2 августа 2011 года.

– Проведенные радиоэкологической исследования на радиоактивных объектах (ГРН 0120ТJ01031 – 2020-2024 гг.);

– Постановление Правительства Республики Таджикистан № 505 от «01» августа 2014 года: О Национальной Концепции Республики Таджикистан по реабилитации хвостохранилищ отходов переработки урановых руд на 2014-2024 гг;

– Постановление Правительства Республики Таджикистан № 329 от «27» июля 2016 года: О Программе реализации «Национальной концепции Республики

Таджикистан по реабилитации хвостохранилищ отходов переработки урановых руд на 2016-2024 годы».

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Целью настоящего исследования является изучение радиационной обстановки территорий с повышенными содержаниями радионуклидов и радоновый мониторинг районов Таджикистан с выдачей соответствующих рекомендаций.

Задачами исследования являются:

- изучение содержания радионуклидов в почвах юго-западных и восточных районов Республики Таджикистан;
- изучение радиоэкологическая ситуация некоторых территорий Таджикистана;
- оценка удельной суммарной активности природных радионуклидов в питьевых водах отдельных районов Таджикистана;
- составление радиоэкологической карты Таджикистана;
- радоновый мониторинг отдельных районов Таджикистана;
- изучение уровней содержания радона в зданиях дошкольных и школьных учреждений г. Душанбе Республики Таджикистан.

Объектами исследования являются отдельные районы Республики Таджикистан, особенно расположенные в непосредственной близости территорий радиоактивных хвостохранилищ, горные местности, почвы аграрного сектора страны, питьевые воды и различные общественные здания с определением в них содержания радона.

Предмет исследования охватывает: приземный слой воздуха, воздух жилых помещений, питьевую воду источников водоснабжения, сточные, поверхностные и подземные воды, почву различных регионов и территории урановых хвостохранилищ.

Методы исследования. Определение R_n и дочерних продуктов его распада основывается на определении содержания ^{222}Rn , которое накапливается в течение определённого периода времени в пробоотборнике или в камере радиометра ра-

дона “РРА-01М”. Мгновенные определения объёмной активности (ОА) радона были проведены с использованием радиометра радона “РРА-01М-03”.

Интегральный метод измерения проводился с использованием детекторов типа Radtrak производства Швеции. Данные пластиковые детекторы использовались для измерений в течение периода от 2-х до 6-и месяцев, позволяли проводить измерения содержания радона в широком диапазоне от 15 до 25000 Бк/м³. Измерения интегральным методом проводились в течение 3-х месяцев, в разные периоды года – в тёплый и в отопительный. Затем детекторы были направлены в Швецию, г. Уппсала в компанию “Radonova Laboratories AB” для дальнейшей обработки и считывания данных на основании стандарта “ISO 11665-4”.

В некоторых обследуемых помещениях, кроме интегральных измерений объёмной активности радона, также измеряли МЭД гамма-излучения с помощью специальных дозиметров – ДКС-1123 производства АТОМТЕХ (Беларусь), ДКС-96 производства ДОЗА (Россия), МКС-АТ6130 производства АТОМТЕХ (Беларусь), комплекс RackEye (FHT-1377) производства Thermo (Germany). В качестве индивидуальных дозиметров использовали термолюминесцентные детекторы ТЛД и анализатор «Harshaw-4500».

Отбор проб почвы проводили согласно ГОСТ 17.4.3.01-2017 от поверхности земли до глубины 25 см. Удельную активность основных ЕРН – семейства ²³²Th, ²³⁸U и изотопа ⁴⁰K определяли гамма-спектрометром с детектором из особо чистого германия (CANBERA, программное обеспечение Genie-2000).

Отобранные пробы воды были законсервированы и направлены в «Лабораторию технических услуг» Агентства. Пробы воды были анализированы на приборе УМФ-2000.

Отраслью исследования является радиоэкологический мониторинг окружающей среды, а именно экология (радиоэкология) и защита окружающей среды.

Этапы исследования - планирование, мониторинг, отбор проб, измерение, обработка данных, оценка ситуации и выводы.

Основная информационная и экспериментальная база.

Информационной базой настоящей диссертационной работы являются научные труды: учебники, статьи периодических научных журналов, материалы научных конференций, диссертации и монографии, посвященные радиационной безопасности и радоновому мониторингу регионов.

При выполнении диссертационной работы были использованы экспериментальные базы научно-исследовательского отдела «Лаборатория технических услуг» Агентства по химической, биологической, радиационной и ядерной безопасности Национальной академии наук Таджикистана.

Достоверность диссертационных результатов. Достоверность результатов исследований обеспечивается применением современных приборов, их достаточной воспроизводимостью и сравнением результатов с данными других авторов, а также измерениями параллельных проб почвы, воды и воздуха.

Научная новизна работы заключается в измерении и оценке удельной активности изотопа цезия-137 в почвах отдельных регионов Республики Таджикистан, оценка в питьевых водах отдельных местностей Хатлонской области α - и β -активности, определение и оценка ЭРОА радона в воздухе жилых помещений некоторых районов Таджикистана на основании метода пассивных измерений, а также и оценка доз облучения, полученных населением от воздействия газа радона и дочерних продуктов его распада.

Также, согласно результатам проведённой мониторинговой деятельности определено отрицательное влияние на природную среду радоноопасных объектов, проявляющееся в основном на хвостохранилищах и местах складирования радиоактивных отходов, а также на близлежащих от них территориях. Также выявлено, что дозы облучения, получаемые населением, которые проживают на этих загрязнённых территориях, находятся в прямой зависимости от продолжительности их пребывания в этих районах.

Теоретическая ценность исследования. Теоретические концепции и экспериментальные результаты о взаимосвязи между скоростью поступления радона и разностью температур (ΔT) позволили выбрать оптимальный метод для опреде-

ления вклада конвекционных и диффузионных потоков радона внутри помещений, который основан на исследовании изменения содержания радона от разницы температур между внутренними объёмами помещений и атмосферой внешней среды.

Полученные данные можно использовать при расчётах и составлении моделей для оценки доз облучения работников, работающих с ИИИ, и населения, подвергшегося радоновому облучению.

Практическая значимость работы. Большое практическое значение результаты диссертационного исследования имеют для деятельности органов исполнительной власти, которые будут планировать проводить обоснования реализации защитных мер, направленных на снижение рисков облучения населения, которое проживает в районах с повышенным радиационным фоном из-за образования радиоактивных хвостохранилищ при переработке урановых руд.

Внедрение экспериментальных способов измерения и использование полученных в диссертационной работе результатов в учебных процессах в вузах Таджикистана, в частности, по специальностям физик-ядерщик и радиоэколог.

На радоноопасных территориях Республики Таджикистан с целью нормализации радоновой обстановки рекомендовано осуществить комплекс мероприятий по рекультивации загрязнённых территорий, в основном на бывших урановых месторождениях – Дигмайском хвостохранилище и хвостохранилище г. Истиклол, которые являются объектами уранового наследия СССР.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности (формуле и области исследования). Область исследования соответствует паспорту специальности 03.02.08. – Экология (по отраслям: в строительстве и ЖКХ, энергетика) по пунктам: 2.3. Прикладная экология – разработка принципов и практических мер, направленных на охрану живой природы, как на видовом, так и экосистемном уровне; разработка принципов создания искусственных экосистем (строительные системы, урбосистемы, агроэкосистемы, объекты аквакультуры, ЖКХ и т.п.) и управления их функционированием. Исследование влияния антропогенных факторов на экосистемы различных уровней с целью разработки экологически

обоснованных норм воздействия строительной, хозяйственной деятельности человека и эксплуатации ЖКХ на живую природу. 2.4. Экология человека – изучение общих законов взаимодействия человека и биосферы, исследование влияния условий среды обитания (в том числе созданной в результате строительной, хозяйственной деятельности и эксплуатации ЖКХ) на человека; 5.3. Комплексная оценка влияния объектов энергетики на природные и искусственные экосистемы, разработка методов и средств экологического мониторинга объектов энергетического комплекса, исследование и оценка воздействия энергетической отрасли на окружающую среду, в том числе на стадиях проектирования и строительства.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Результаты изучения содержания радионуклидов в почвах юго-западных и восточных районов Республики Таджикистан.

2. Результаты изучения радиационной ситуации в зонах с повышенными уровнями радиации.

3. Результаты составления радиоэкологических карт Таджикистана.

4. Результаты радонового мониторинга некоторых территорий страны.

5. Оценка удельной суммарной активности природных радионуклидов в водах питьевого назначения в Хатлонской области Республики Таджикистан.

6. Результаты исследований содержания радона на территории зданий и помещений детских садов и общеобразовательных школ г. Душанбе Республики Таджикистан.

7. Результаты исследования ЭРОА радона на территории зданий и помещений детских садов и общеобразовательных школ в южных районах Республики Таджикистан.

Личный вклад соискателя заключается в сборе литературных сведений по теме диссертации, пробоотбор и пробоподготовка, радионуклидные измерения и анализ проб разного типа, установка и сбор детекторов радона, измерение радиационного фона исследуемых объектов и составление карты, расчет индивидуальных доз облучения населения, которое проживает в радоноопасных районах, анализ и апробации научных и экспериментальных результатов и их публикации.

Апробация работы. Результаты диссертационной работы доложены и обсуждены на следующих конференциях и семинарах: республиканской научно-практической конференции «Проблемы материаловедения в машиностроении Республики Таджикистан», посвящ. Дню химика и 80-летию со дня рождения доктора технических наук, профессора, академика Международной инженерной академии и Инженерной академии Республики Таджикистан А.В. Вахобова (Душанбе, 2016); XVII Международной научной конференции «Сахаровские чтения 2017 года: экологические проблемы 21 века» (Минск, Беларусь, 2017); II V международной научно-практической конференции «Роль молодых ученых в развитии науки, инноваций и технологий» (Душанбе, 2017); XIV Нумановских чтениях «Вклад молодых ученых в развитие химической науки» (Душанбе, 2017); Международной научно-практической конференции «Перспективы использования материалов устойчивых к коррозии в промышленности Республики Таджикистан», посвящ. Дню химика и 70-летию доктора химических наук, профессора, академика АН РТ И.Н. Ганиева (Душанбе, 2018); XIV Международной научно-технической конференции «Наука, образование, производство в решении экологических проблем (Экология-2018)» (Уфа, Россия, 2018); II Международном научном форуме «Ядерная наука и технологии» (Алматы, Казахстан, 2019); XV Нумановских чтениях «Современное состояние химической науки и использование ее достижений в народном хозяйстве Республики Таджикистана» (Душанбе, 2019); республиканской научно-практической конференции, посвящ. 20-летию изучения и развития естественных, точных и математических наук в сфере науки и образования, на тему «Современные проблемы физики конденсированное состояние и ядерная физика» (Душанбе, 2020).

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 24 научных работ в отечественных и зарубежных изданиях, в том числе 7 статей в изданиях, включённых в перечень рецензируемых научных журналов ВАК при Президенте Республики Таджикистан, 3 из научных работ опубликовано в журналах, входящих в список SCOPUS, также имеется одна статья без соавторов и прошли апробацию в качестве материалов конференций республиканского и международного уровня.

По результатам исследований получен 1 малый патент на изобретение.

Структура и объем диссертации. Диссертация изложена на 156 страницах, содержит 25 таблиц, 33 рисунка и приложение. Состоит из введения, трех глав основной части, заключения, выводов и списка использованных источников (177 наименований).

ГЛАВА 1. СОСТОЯНИЕ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И ПРОЦЕССЫ ОБРАЗОВАНИЯ РАДИОАКТИВНЫХ УРАНОВЫХ ОТХОДОВ (обзор литературы)

1.1. Образование радиоактивных урановых отходов в Таджикистане

В Таджикистане начало деятельности по интенсивной переработке урансодержащих руд началось во второй половине XX в. В это время были начаты работы на переработке урановых руд с получением урана на таких таджикских урановых месторождениях, как Адрасман, Табошар и др. Формирование первых хвостохранилищ и горных отвалов также относится к этим годам [1].

Деятельность по переработке урансодержащих руд являлась строго секретной, кроме того, правительство СССР ставило перед уранодобывающей отраслью в Таджикистане жёсткие временные рамки, при этом в данных условиях знаний об отрицательном влиянии радиации на организм человека и окружающую природную среду практически не имелось и научные исследования в этом направлении не проводились. Соответственно, в таких условиях экологические вопросы также не поднимались и не изучались. Отвалы переработанной урансодержащей руды, а также продукты её переработки хранились от населённых пунктов и посёлков, в которых проживал обслуживающий урановое производство персонал, в непосредственной близости, кроме того, населённые пункты в дальнейшем развивались, разрастались и часто фактически занимали территории отвалов и хвостохранилищ.

В настоящее время на территории Республики Таджикистан расположены 10 радиоактивных отходов уранового производства (таблица 1.1). Эти объекты находятся на балансе ГУП «Таджиккредмет» [2-10].

Таблица 1.1 - Характеристики хвостохранилищ ГУП «Таджикредмет» [2-5]

Название хвостохранилища	Место расположения	Период эксплуатации, годы	Площадь, га	Объём отходов, тыс. м ³	Количество хранящихся отходов, млн. т	Слой грунтового покрытия, м	МЭД на поверхности, мкЗв/ч	Суммарная активность, ТБк
Дигмайское	Пос. Гоziён, 1.5 км	1963-1991	90	19.14	33.87	отсутствует	5.0-15.0	156.06
Гафуровское	Г. Гафуров, 0.5 км	1942-1955	5.0	240	0.4	2.4-2.5	0.15-0.20	6.85
Карта 1-9	Г. Бустон, 2.0 км	1945-1960	18	2600	4.0	0.5-0.7	0.4-2.75	28.82
Хвостохранилище I-II очереди	Г. Истиклол, 2.0 км	1945-1959	24.7	1680	2.8	0.7-1.0	0.4-1.0	8.07
Хвостохранилище III очереди	Г. Истиклол, 1.5 км	1947-1963	11.1	1802	3.0	0.7-1.0	0.4-0.6	8.58
Хвостохранилище IV очереди	Г. Истиклол, 1.0 км	1949-1965	18.7	4131	7.0	0.7-1.0	0.4-0.6	18.87
Хвостохранилище цеха №3	Г. Истиклол, 3.0 км	1949-1965	2.9	676	1.17	0.7-1.0	0.5-0.6	0.56
Отвалы Фабрики бедных руд (ФБР)	Г. Истиклол, 4.0 км	1950-1965	7.9	1128	2.0	отсутствует	0.4-3.0	9.36
Адрасман	Пос. Адрасман, 1.0 км	1941-1957	2.5	240	0.4	0.5-0.7	0.4-2.5	5.92
Рудник-3	Г. Худжанд, 2.0 км	1976-1985	5.9	207	0.36	0.5-0.7	0.3-0.6	0.41

В связи с этим, на данных территориях потенциальными опасными рисками можно назвать следующие [11]:

- процессы переноса пыли с открытых поверхностей хвостохранилищ, что является основным средством переноса радиоактивных загрязнений на прилегающие территории, которые, соответственно, создают угрозу попадания радионуклидов в организм человека посредством вдыхания;

- население, которое находится в непосредственной близости к этим опасным объектам, получает внешнее прямое облучение от радионуклидов;

- происходит фильтрация содержащих радионуклиды поверхностных вод в грунтовые воды, которые население активно использует в хозяйственных целях, а также в качестве питьевой воды;

- при распаде радия, являющегося одним из основных элементов в отвалах и хвостохранилищах, выделяется газ радон;

- передача радионуклидов по пищевым цепочкам, в частности: растения→человек, растения→животные→человек.

Основные источники и характеристики радиоактивного загрязнения окружающей среды при добыче и переработке урановых руд и отходов приведены в работах [10, 11].

1.2. Оценка состояния урановых хвостохранилищ в Таджикистане

Одной из главных базовых отраслей экономики Таджикистана является горнорудная промышленность. В результате этой деятельности вместе с добываемым сырьём на поверхность земли выносятся громадное количество природных радионуклидов (ПРН), которые присутствуют в качестве примесей практически в любом минеральном сырье.

В последние 20 лет вопросы о необходимости контроля ПРН в этой отрасли промышленности обсуждаются на республиканском, региональном и международном уровне в материалах МАГАТЭ [12-16], на регулярных международных конференциях [17-19].

Для оценки состояния влияния бывших и существующих горнопромышленных предприятий на состояние окружающей среды и оказания помощи в решении экологических проблем, в течение последних лет в Республике Таджикистан был инициирован ряд международных проектов.

Современные радиологические и экологические проблемы в Таджикистане являются наследием интенсивно развиваемых ранее отраслей промышленности по добыче и переработке урана бывшего СССР. После распада Советского Союза разработка большинства месторождений урансодержащих руд в Таджикистане была завершена. Однако после закрытия основных рудников наша республика практически одновременно столкнулась с проблемой безопасного управления урановыми отходами, закрытием шахт и необходимостью восстановления территорий, где ранее располагались урановые объекты.

Таким образом, в Таджикистане в объектах бывшего производства урана (хвостохранилищах) имеются значительные количества радиоактивных отходов, согласно различным оценкам, это примерно 50-55 миллионов тонн, суммарная активность которых оценивается в величины в среднем 240-285 ТБк. Отвалы переработки урансодержащих руд не контролировались, их территории и количество находящихся на них радиоактивных отходов не определены точно. Все хвостохранилища и отвалы подвержены активным эрозионным процессам, кроме того, радиоактивные элементы с поверхности отвалов и хвостохранилищ дренируются сначала во временные ручьи, а затем в речные и подземные воды [18, 19].

Дигмайское хвостохранилище, а также отвалы и хвостохранилища, расположенные вблизи городов Бустон и Истиклол, имеют неудовлетворительное состояние. С их поверхности происходит значительное рассеивание загрязняющих веществ из материала хвостов далеко за пределы их первоначального расположения, что является значительным риском для населения, которое проживает вблизи этих опасных объектов. Дисперсия загрязняющих веществ осуществляется с поверхности этих объектов, потому что на указанных отвалах и хвостохранилищах нет защитного покрытия, кроме того, дисперсия с поверхности происходит из-за отрицательного воздействия природных факторов и роющих животных.

Дренажные воды, которые вытекают из-под тела хвостохранилищ, используются местным населением для орошения своих огородов, садов, рисовых полей, расположенных вблизи от мест накопления урансодержащих отходов после переработки урансодержащих руд. Кроме того, в районах, где происходит скопление дренажных вод, население выпасает свой скот, а также устраивает места для водопоя домашних животных. Часто население, проживающее в районах расположения хвостохранилищ, собирает на этих территориях цветные металлы, что является незаконной деятельностью, собранный радиоактивный металл продаётся на нелегальных местных базарах, кроме того, участились случаи вывоза этого металлолома за пределы Таджикистана.

В работах [20-23] показана возможность вторичной переработки урансодержащих отходов, образовавшихся в результате деятельности по производству урана.

В [24] проведено исследование геотехнического состояния хвостохранилищ, расположенных на территории бывшего Опытного гидрометаллургического завода г. Истиклол, а также определение в отходах хвостохранилища радиоактивных нуклидов. Было установлено, что данные отходы являются слабоактивными по своей радиоактивности, и могут быть достаточно легко вторично переработаны с получением U_3O_8 . Также авторы показали возможность переработки урансодержащих отходов с концентрациями 0.03-0.518% по упрощённым технологическим схемам, исключая из них стадии дробления (измельчения), сгущения технических растворов, классификации, сорбции и десорбции, с высоким выходом закиси-оксида урана (90%) в конце технологической цепочки. Авторы [25-27] для процесса извлечения U_3O_8 из урансодержащих отходов определили оптимальные параметры данного извлечения.

Проведена разработка обобщённой базовой технологической схемы для переработки урансодержащих отходов из хвостохранилищ городов Истиклол и Гафуров. Данная схема включает следующие стадии: репульпация песков, выщелачивание, нейтрализация полученных растворов, добавочное повторное выщелачивание «бедных» песков, фильтрация, удаление твёрдой фазы, осаждение из

жидкой фазы урана аммиачными растворами, фильтрация и прокаливание диурата. Благодаря наличию нитратов и сульфатов железа в этих хвостохранилищах полностью исключить их технологического процесса применение различных окислителей.

Хвосты техногенного хвостохранилища «Карта 1-9» представлены в основном кварцсодержащими соединениями с содержанием в них кварца примерно 70%, поэтому предложено их перерабатывать кислотным разложением.

При вскрытии урансодержащих хвостов сернокислотным разложением в раствор переходит до 93.9% урана. Объяснить данный факт можно тем, что серная кислота является сильным растворителем для урансодержащих хвостов. Экстракции урана без дополнительного измельчения также способствует длительное присутствие хвостового материала в щелочных растворах [5, 20].

В работах [28-31] показана возможность выделения уранового концентрата из хвостов «Фабрики бедных руд» (ФБР). Отходы ФБР прошли кучное выщелачивание и имеют некоторое количество солей урана, растворённых в воде.

Предлагается растворять уран из отходов ФБР с урансодержащей водой, истекающей из штольни и заполнить карьер радиоактивными отходами. При этом содержание урана, выходящего из штольни, повысится в два раза, а затем, пропустив их через скорлупу урюка, как сорбент, очистим воду от радионуклидов [31].

Оценка возможности получения урана из отвалов и хвостохранилищ г. Истиклол приведена в работах [32, 33].

Хвостохранилища, расположенные вблизи г. Истиклол в настоящее время нуждаются в ремонте и создании на них защитного покрытия, а также создании барьеров против несанкционированного доступа населения.

Кроме того, уже имеющиеся защитные барьеры вокруг указанных хвостохранилищ постоянно подвергаются разрушениям вследствие эрозии почв, оползней, селевых потоков с выносом радиоактивного материала за пределы хвостохранилищ в окружающую природную среду.

Анализ эксплуатации хвостохранилищ свидетельствует о том, что время службы инженерных сооружений и барьеров вокруг них, учитывая возможные ка-

тастрофические природные последствия и риски, невелик по сравнению со временем жизни долгоживущих радиоактивных нуклидов. Поэтому создание сооружений и барьеров вокруг хвостохранилищ необходимо определять, исходя из степени опасности, с учётом оптимизации защиты от радионуклидов, стоимости их возможной изоляции, в соответствии с разработкой нетрадиционных, неординарных способов защиты, учитывая природные факторы и паспорта каждого отдельно взятого хвостохранилища.

Соответственно, деятельность по созданию защитных барьеров должна проводиться на основании проектно-изыскательских, научно-исследовательских работ, включать мониторинг рассматриваемых объектов с точки зрения их влияния на социально-экологическую обстановку, а также мониторинговые работы изучению демографических заболеваний людей, которые проживают вблизи этих объектов [32, 33].

В [34, 35] рассматривается выделение урановых концентратов из отвалов хвостохранилищ северного Таджикистана. В процессе переработки отходов сокращаются операции дробления, измельчения, сгущения и т.д. Выход урана составляет более 90%. В [35] авторами найдены оптимальные параметры извлечения закиси-оксида урана, проведена разработка обобщённых технологических схем по переработке урансодержащих отходов указанных хвостохранилищ.

1.3. Характеристика урансодержащих шахтных и дренажных вод Таджикистана

В [36, 37] подробно исследованы шахтные и дренажные урансодержащие воды г. Истиклол с определением в них содержания урана.

Также были проведены исследования по определению в атмосферном воздухе на хвостохранилищах и вокруг них значений объёмной активности радона, а также ЭРОА радона (R_n) и изотопа радона - торона (T_n) в зонах указанных хвостохранилищ и карьера, выполнены исследования по определению фоновых характеристик содержания радона в исследованных местностях, определены вели-

чины плотности потока радона с тел хвостохранилищ (эксхалация), полученные результаты данного исследования обобщаются в таблице 1.2.

Таблица 1.2 - Особенности радиационного загрязнения природной среды в зоне расположения хвостохранилищ г. Истиклол

№	Место измерения	МЭД, мкЗв·ч ⁻¹	ОА радона, Бк·м ⁻³	ЭРОА радона, Бк·м ⁻³	ППР средняя, Бк·м ⁻² ·с ⁻¹	ЭРОА торона, Бк·м ⁻³
1	г. Истиклол, карьер	0,48-0,56	20	1,92	0,09±0,03	0,23
2	Отвалы «Фабрики бедных руд»	0,76-2,8, склон 0,35-0,4	17	2,0	0,86±0,25 1,06±0,28	0,17
3	Горный район на расстоянии 4 км от г. Истиклол	0,18-0,23	12	3,3	-	0,12
4	Хвостохранилище 1-2 очереди	0,4-0,5, в от- дельных ме- стах 0,8-0,9	45	2,57	3,8±1,2 (9,97±3,0)*	0,33
5	Хвостохранилище 3 очереди	0,3-0,4 до 0,6	35	8,78	-	-
6	Хвостохранилище 4 очереди	0,3-0,5	25	3,0	4,8±1,6	-
* - плотность потока радона с нарушенной поверхности хвостохранилища.						

Как видно из данных таблицы 1.2, над хвостохранилищами г. Истиклол содержания в воздухе объёмных концентраций радона не высоки, то есть можно констатировать, что эти указанные хвостохранилища имеют достаточно надёжные покрытия, не позволяющие проникновению через них радона и торона [36, 37].

Особой проблемой хвостохранилищ, расположенных вблизи г. Истиклол, можно назвать дренажные воды в виде родников и родничков, представляющие собой остаточные кислотные растворы, которые вытекают из-под тел хвостохранилищ. Так, например, при отборе проб из родников, вытекающих с нижних го-

ризонтов хвостохранилищ I-II очереди, выявлено, что эти воды содержат высокие концентрации сульфат-ионов и карбонатных оснований (HCO_3), соответственно, 9200-9600 и 1800 мг/л [37], кроме того, в воде этих родников содержится растворённый уран и другие радионуклиды уран-ториевого ряда.

Суммарная α -активность в исследованных пробах воды этих родников составляла от 1200 до 1500 Бк/л, а суммарная α -активность изотопов урана U-238 + U-234 составила от 1110 до 1450 Бк/л или от 50 до 70 мл/л, эти значения были получены усреднением полученных величин после проведения пяти независимых измерений каждой пробы. Полученные величины суммарной α -активности позволяют сделать вывод, что содержание урана в этих дренажных водах близко к содержанию урана в промышленных растворах [20, 37].

Получение урановых концентратов из шахтных и дренажных вод авторы работ [38-46] изучили различными сорбентами из местных сырьевых материалов. Для сорбции урана использовали: скорлупу урюка, скорлупу грецкого ореха, шишки сосны и др.

На рисунке 1.1 приводится обобщённая технологическая схема, которая разработана для извлечения урана из урансодержащих шахтных вод месторождения Киик-Тал Республики Таджикистан. В данной схеме можно выделить следующие технологические стадии:

- сорбция урана на природный сорбент (скорлупу урюка);
- обжиг сорбента (скорлупы урюка), насыщенного ураном;
- сернокислотное разложение огарков с введением в процесс окислителей;
- осаждение из раствора урана;
- высушивание готового продукта – закиси-окиси урана.

Для вытекающих из штольни шахтных урансодержащих вод определены следующие характеристики: рН воды от 7.0 до 7.5; содержание урана от 25.0 до 30.0 мг/л; водообильность водного потока 4.0-5.0 м³/час; t водных растворов 20-25°C (то есть естественная), что не требует дополнительного подогрева. Поэтому предлагается извлечение урана из указанных вод проводить в течение летнего периода, когда температура окружающей среды составляет 25-30°C, соответ-

ственно, в зимний период указанные воды для ускорения сорбционных процессов необходимо нагревать до $t=25-30^{\circ}\text{C}$. В качестве сорбента урана предложено использовать измельченную скорлупу урюка, так как синтетические сорбенты АМ(п) очень дорогостоящие, а скорлупа урюка – это местный природный сорбент, имеющийся в достаточных количествах.



Рисунок 1.1 – Обобщённая технологическая схема для извлечения урана из ураносодержащих дренажных и шахтных вод

Авторы работ [20, 47, 48] исследовали получение урана из природных рассолов озера Сасык-Куль, в которых содержание хлор-ионов очень высокое. Со-

держание урана в рассоле достигает до 40 мг/л. Так как рассол имеет высокое содержание хлора, традиционным способом сорбировать уран невозможно.

На рисунке 1.2 представлены рентгеновские спектры соли озера Сасык-Куль после выпарки [47, 48].

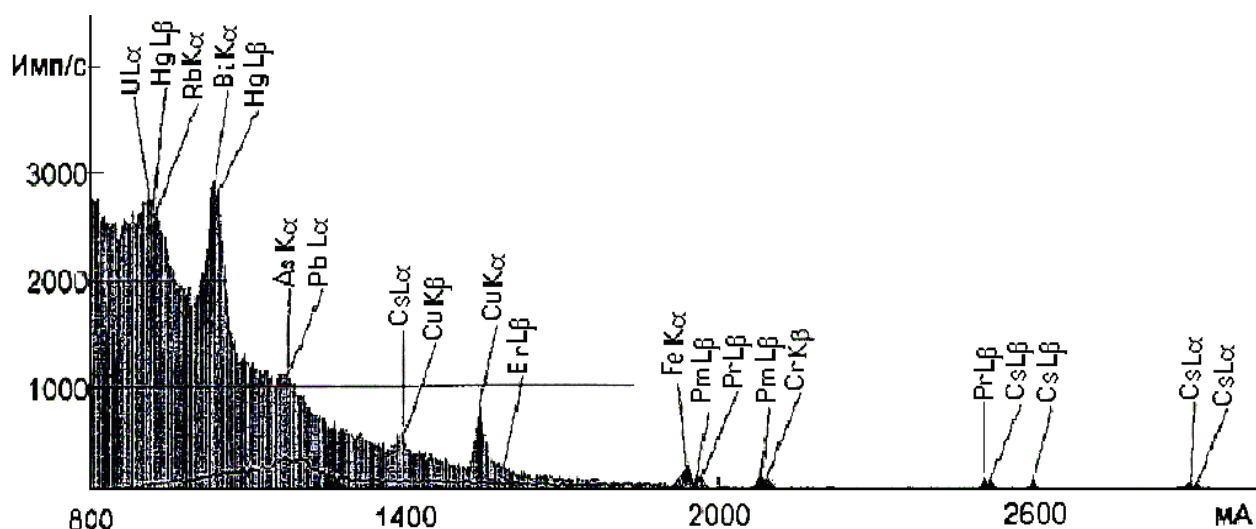


Рисунок 1.2 - Спектр остатка соли после выпаривания

Растворы образцов воды озера Сасык-Куль выпаривали с целью удаления хлор-ионов, добавляли определённые количества серной кислоты, а также улавливали HCl, с дальнейшим извлечением из растворов оксида урана (таблица 1.3).

Таблица 1.3 - Процесс сорбции урана на сорбент АМ(п) в растворе после удаления ионов хлора

№ опыта	Объёмы пропущенных через сорбент растворов, мл	На входе		На выходе		Извлечение U_3O_8 , %
		г/л	pH	г/л	pH	
1	350	0.013	3.3	0.002	2.75	84.61
2	170	0.018	3.05	0.005	2.93	72.22

При добавлении серной кислоты выделяется газообразный гидрогенхлорид, который улавливается водой с получением соляной кислоты.

Авторы работ [47, 48] разработали принципиальную технологическую схему получения урана из рапы озера Сасык-Куль (рисунок 1.3).

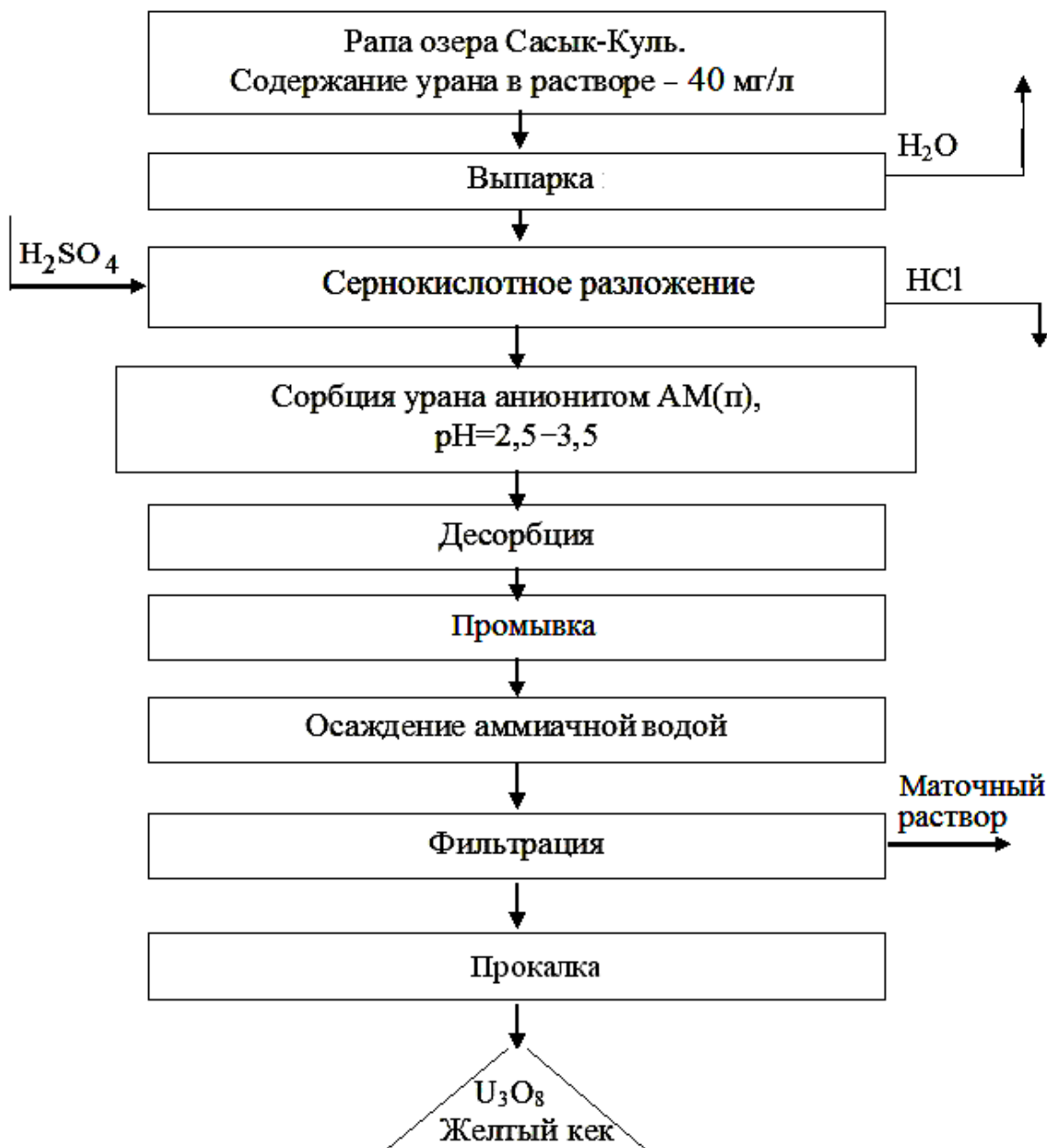


Рисунок 1.3 – Обобщённая технологическая схема для извлечения урановых концентратов из рапы озера Сасык-Куль

В литературе подробно обсуждено состояние урановых хвостохранилищ и возможность их переработки, а также характеристики урансодержащих шахтных и дренажных вод Таджикистана, которые являются техногенными объектами, как источники радиоактивного загрязнения окружающей среды. Анализ литературных источников показывает, что состояние радиационной безопасности и процессы образования радиоактивных урановых отходов нуждаются в дополнительных исследованиях.

1.4. Радоновый мониторинг и охрана окружающей среды

Как известно, радон – это бесцветный газ, не имеющий запаха, инертный, хорошо растворим в воде, тяжелее воздуха в 10 раз, точка плавления -71°C , точка кипения -61.8°C , радиоактивен, является канцерогеном. Радон является дочерним продуктом радиоактивного распада уран, это α -излучатель. Газы радон (Rn) и торон (Th) встречаются в подземных водах, в составе горных пород, а также в строительных материалах. Содержание радона в воздухе определяется количеством распада радиоактивных ядер в секунду в одном м^3 воздуха.

По радоновой проблеме исследуется его воздействие на людей, изучение концентрации радона в помещениях и пути их снижения [49-54].

Как известно, существенным элементом радиационной безопасности (РБ) является пространственные регулирования доз облучения. Внутреннее облучение часто становится главным для организма человека. Более 50% внутреннего облучения принадлежит радону, который присутствует в воздухе, строительных материалах, почве, воде и т.д.

На рисунке 1.4 на примере одноэтажного здания показаны пути поступления радона в помещение. В каждом конкретном случае поступление радона определяется планировкой и строительной конструкцией здания, а также состоянием почвы, высотой подвала, вентиляцией и др.

Поступление радона выше при использовании в качестве строительных материалов гранитов, туфов, легкого бетона на основе кварца [55, 56].

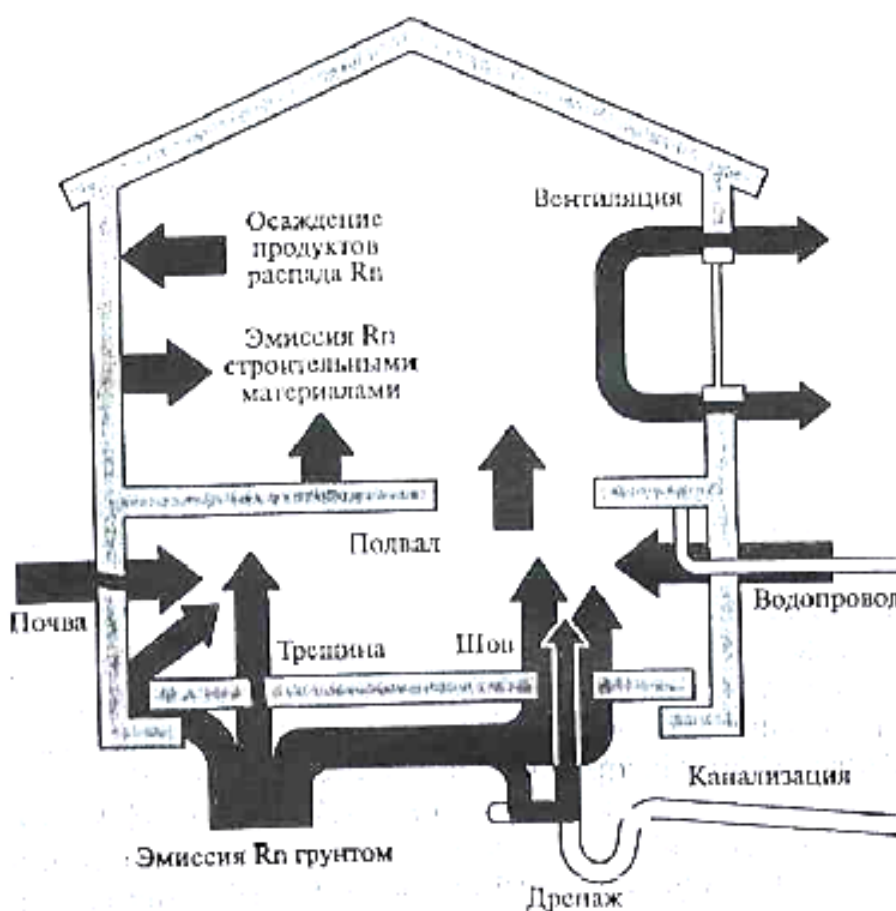


Рисунок 1.4 – Источники и пути поступления радона в «типичном» одноэтажном доме

Прямым источником поступления радона внутрь помещений может являться окружающий воздух. Воздухообмен происходит через естественную вентиляцию при помощи открытых дверей и окон; через принудительную фильтрацию и вентиляцию; через неконтролируемые утечки воздуха по трещинам строительных покрытий. Слабая герметизация зданий и помещений вызывает увеличение проникновения радона из атмосферного воздуха внутрь зданий и помещений. Для снижения содержания радона внутри зданий и помещений необходимо создание сильных потоков воздухообмена или вентиляции помещений [55, 56].

Как видно из рисунка 1.4, источниками радона в помещениях также могут быть водопровод и канализация. Радон хорошо растворяется в воде и может поступать через водопровод.

Исследования оценки индивидуальных годовых доз природного облучения населения и, в частности радона, широко проводятся во многих странах. В Российской Федерации на федеральном уровне действует целевая программа “Радон”. В соответствии с этой программой в РФ:

- разработана и регулярно усовершенствуется методическая и аппаратурная база для проведения исследований, для оснащения основных организаций-исполнителей программы на постоянной основе изготавливается опытное оборудование, которое проходит метрологическую аттестацию;

- составляются карты радоноопасности по регионам, макеты, модели, разработана методология для районирования радоноопасных территорий;

- проводится стандартизация методов определения удельной активности в различных строительных материалах, создаются перечни рекомендаций по предварительным инженерным радиогеофизическим исследованиям различных территорий регионов, разрабатываются меры для защиты общественных и жилых зданий от радона;

- установлены научные критерии по распределению различных возрастных групп населения согласно повышенным рискам и меры по их снижению;

- создан и постоянно обновляется банк данных по радоноопасным территориям, а также проводятся другие мероприятия [57].

Радоновый мониторинг проводится в различных регионах РФ. В работах [58-60] приведены результаты измерения радона в Алтайском крае. В этих работах определены закономерности облучения населения Алтайского края от природных источников излучения (ИИ). Проведено комплексное радиационно-гигиеническое обследование региона с самым большим количеством муниципальных образований с выделением модульных территорий. Оценка индивидуальных годовых доз облучения населения Алтайского края от природных радионуклидов выявила ряд закономерностей, зависящих от эколого-географического типа местности.

В работах [61, 62] оцениваются риски облучения радоном для населения субъектов Российской Федерации на основании данных радиологических и гиги-

енических паспортов территорий. Проводится контроль облучения населения от природного ионизирующего излучения внутри зданий, в соответствии со стандартами и нормами безопасности, рекомендованными МАГАТЭ [64]. Радиологическая оценка некоторых природных источников ионизирующего излучения и, в том числе радона, в общественных зданиях и образовательных учреждениях Новгородской области РФ приведены в [63].

Радиационно-гигиенические оценки источников питьевого снабжения населения на территории Республики Хакассия, Ленинградской области, Северо-Западного региона РФ и др. исследованы в работах [65-69]. В этих работах проведена комплексная гигиеническая оценка источников хозяйственно-питьевого водоснабжения населения, в учётом радона в воде. Удельная активность ^{222}Rn в исследуемых пробах варьируется от 6.0 до 170 Бк/л³.

Важным направлением исследований является обеспечение безопасности населения на радиоактивно загрязнённых территориях. Это направление особенно актуально для РФ, Украины и Беларуси в связи с Чернобыльской аварией, а также для стран Центральной Азии в связи с большими площадями урановых хвостохранилищ [70-75].

Авторы вышеназванных работ компонентами, которые позволяют обеспечить для населения безопасную жизнедеятельность, считают следующие:

- формирование в городах, посёлках необходимой инфраструктуры, специфичной для радоноопасных территорий;
- реализация комплексных мер, направленных на реабилитацию сельскохозяйственных полей;
- мониторинг радиологической ситуации в регионах;
- формирование культуры для безопасного проживания населения на загрязнённых территориях;
- информационная поддержка и социально-психологическая реабилитация населения [70-75].

Авторы [76-78] на основании радиационно-гигиенической паспортизации районов РФ приводят результаты оценки рисков облучения радоном для населе-

ния различных радоноопасных территорий. Разработана методика расчётов характеристики радоноопасности для каждого отдельно взятого региона, включающая несколько показателей риска, а также разработана методика для проведения сравнений на межрегиональном и национальном уровне.

Для расчета эффективных доз облучения, обусловленного естественными источниками радиации, основными факторами можно выделить:

- мощности доз γ -излучения на открытых местностях, а также в общественных зданиях;

- среднегодовые концентрации радона ($Rn-222$) и торона ($Rn-220$), а также концентрации их короткоживущих дочерних продуктов распада (ДПР) в атмосферном воздухе и воздухе зданий и помещений;

- концентрации природных радионуклидов в пищевых продуктах и питьевой воде для населения различных областей и территорий;

- среднегодовые концентрации пыли (аэрозолей) в приповерхностном слое атмосферного воздуха и значения удельной активности долгоживущих природных радионуклидов в аэрозолях на радоноопасных территориях;

Помимо факторов, приведённых выше, для определения эффективных доз облучения населения необходимо учитывать вклад внутреннего облучения за счёт $K-40$ и ионизирующих компонентов за счёт космических излучений.

Основным вкладом в дозу облучения населения всеми природными ИИИ являются дозы, получаемые внутренним облучением в результате ингаляции изотопов радона в зданиях и помещениях. Как правило, высокие концентрации изотопов радона в зданиях и помещениях обусловлено эксхалацией радона из почвенного слоя под зданием [76-78].

В работах [79-84] рассматривается проблема контроля радона в зданиях, а также предложен надёжный принцип контроля радона в помещениях.

В [82] исследовано влияние температуры воздуха (внутри помещений и снаружи зданий) на величины значений объёмной активности радона в помещениях. В [83] оценены среднегодовые уровни ЭРОА радона в помещениях и зданиях с использованием аэрозольного альфа-радиометра “АльфаАЭРО”. В [84]

приводятся результаты многолетних исследований в зданиях и помещениях Московского региона, посвящённых изменениям величин ОА и ЭРОА радона в зависимости от различных факторов.

В работе [79] отмечается, что ОА и ЭРОА радона в закрытых зданиях без присутствия людей в среднем в 2 раза выше, чем в условиях обычной эксплуатации. Кроме того, средняя ОА радона в период только рабочего времени и круглосуточно почти равны, однако ЭРОА радона примерно в 1.5 раза ниже в период рабочего времени, чем круглосуточно в будние дни.

Отмечается, что временные вариации ЭРОА радона обычно выше, чем вариации ОА радона в среднем на 20-60%. Поэтому измерения ЭРОА вместо объёмной активности радона, как и попытка инструментальной оценки фактора равновесия, не способствует повышению надёжности контроля радона в помещениях с естественной вентиляцией [79, 80].

Исследования, посвящённые изучению радоновой обстановки на территории городов Среднего Урала России показали, что на этих территориях величины объёмной активности радона значительно повышены в зданиях и помещениях, которые имеют высокий класс энергоэффективности [85-90].

Анализируя различные источники, авторы работ [91-100] пришли к выводу, что при реконструкции зданий с увеличением класса энергоэффективности в воздухе жилых помещений увеличиваются значения объёмной активности радона. В некоторых зданиях и помещениях увеличение ОА радона наблюдается в десятки раз, и обратно пропорционально уменьшению воздухообмена (КВО) или вентиляции этих помещений [99, 100]. Необходимо при внедрении энергосберегающих технологиях в строительстве учитывать ряд ограничений, чтобы не увеличивать ОА радона в жилых помещениях и зданиях [96-100].

Нехватка доступных данных вызывает необходимость проведения исследовательских работ, направленных на разработку основ защитных мероприятий и действий от радона в энергоэффективной городской среде. Целью указанных научных исследований должно стать дальнейшее развитие междисциплинарной научной области, основанной на решении таких проблем, как:

1) исследование репрезентативного количества помещений в зданиях разных классов энергоэффективности в разных климатических зонах;

2) экспериментальное исследование тенденций потребления и накопления радона в стандартных помещениях энергоэффективных зданий;

3) изучение факторов – строительных, архитектурных, поведенческих и других, которые оказывают влияние на радоновую обстановку в помещениях энергоэффективных зданий;

4) прогноз актуальности проблемы воздействия радона, как фактора радиологического риска для здоровья людей через построение различных моделей развития строительной отрасли [95-100].

В [101-103] приводится сравнительная оценка по накоплению высоких концентраций радона в помещениях зданий с различными классами энергоэффективности в ряде городов РФ. Исследования проводились в российских городах различных климатических зон (Санкт-Петербург, Екатеринбург, Краснодар и др.).

Результаты обследования уровней накопления радона в зданиях различного типа в ряде городов России показали следующее:

- в домах повышенного класса энергоэффективности ОА радона в среднем превышает величину, характерную для зданий массовой многоэтажной застройки второй половины XX века;

- повышенная энергоэффективность является фактором, снижающим радоновую безопасность здания;

- в современных многоэтажных зданиях энергоэффективность не предотвращает превышение радиационно-гигиенического норматива по среднегодовой ЭРОА для изотопов радона в воздухе жилых зданий и помещений;

- относительно более высокие уровни ОА радона в энергоэффективных зданиях могут быть связаны с повышенными значениями удельной активности ^{226}Ra в стройматериалах или режимом содержания помещения с недостаточной средней кратностью воздухообмена;

- изменение ситуации облучения населения радоном с учётом внедрения технологий строительства энергоэффективных зданий требует анализа с применением принципов обоснования и оптимизации.

Особое значение имеет подбор участка застройки для оценки радоноопасности, а также используемые строительные материалы. Во многих странах перед началом строительства проводится анализ грунта, состав грунта и эколого-радиационные измерения. В литературе имеется ряд исследований по оценке радоноопасных участков застройки, и для этой оценки используют величину ППР, измеренной на земной поверхности [104-110].

В [109-111] авторы провели исследование по определению величин ППР на поверхности различных грунтов, они исследовали кварциты, андезитобазальтовые порфириды, глинистые известняки, скальные известняки, песчано-гравийные отложения, белые глины, глинистые сланцы, лёссовидные суглинки и др. почвы. Замеры ППР проводились с помощью накопительной камеры на измерительном комплексе с использованием комплекса измерительного “Alfarad Plus”. Были измерены величины значений удельной активности ^{226}Ra , а также влажность и влагонаполняемость грунтов. После получения результатов авторы сделали вывод, что количество радона, высвобождаемого с поверхности различных типов грунтов, может колебаться в широких пределах, отличаясь на порядок и более. Максимальные величины плотности потока радона, значения которых составили $800 \text{ мБк} \cdot \text{м}^2 \text{ с}^{-1}$ были отмечены для кварцитов и андезитобазальтовых порфиритов, при этом минимальные величины ППР - $40 \text{ мБк} \cdot \text{м}^2 \text{ с}^{-1}$ отмечены на глинистых сланца и лёссовидных суглинках, причём эти грунты отличались мелкими глинистыми и песчаными частицами, для этих грунтов также выявлены значительные зависимости величин плотности потока радона от влажности и влагонакопления в этих грунтах. В почвах с низкой влажностью (от 2 до 6%) не отмечена зависимость между значениями удельной активности радона-226 и его количеством, высвобождаемым на поверхность грунтов. В основу классификации зон строительства в зависимости от степени радоноопасности необходимо включить типы грунтов, составляющих “активный” слой в фундаментах зданий. Соот-

ветствующую информацию могут предоставить организации, которые проводят на строительных площадках проектно-изыскательские работы. В [109-111] разработан подход к оценке риска от радона, который направлен на упрощение процедур определения концентраций радона и, соответственно на снижение материальных, финансовых и человеческих затрат на строительных площадках.

Закономерности, формирующие радоновые поля в геологической среде с учётом тектонических разрезов, изучены в [112], задачи и методы радиационного контроля и измерения радона в стройматериалах и при строительстве зданий описаны в работе [113], радоноопасность при строительстве новых зданий в различных городах РФ изучена авторами [114-116].

Изучение радона в инженерно-экологических изысканиях для строительства приведено в работе [117] и районирование территории РФ по степени радоноопасности описано в [118]. Особое значение имеют результаты работы [119] по исследованию содержания радона в помещениях детских дошкольных и школьных организаций Ленинградской области РФ.

Международная комиссия радиационной защиты (МКРЗ) придаёт особое значение проблеме радона. Имеется ряд публикаций МКРЗ по проблеме радона. В [120] приведена эволюция подходов МКРЗ к регулированию защиты населения от радона и новые подходы по формированию методологии регулирования защиты населения от облучения радоном [121]

А.М. Маренный и др. [122] проводили исследования радоноопасности территории Челябинской области. Результаты интегральных измерений ОА радона в воздухе зданий различного назначения получены с помощью твёрдотельных трековых детекторов и аккумулированы в базе данных «Радон» Научно-технического центра радиационно-химической безопасности и гигиены Федерального медико-биологического агентства России. В работе представлены результаты анализа полученных данных с точки зрения территориальной variability объёмной активности радона и результаты исследования связи этой величины с комплексом предикторов потенциальной радоноопасности. Результаты анализа данных показывают, что на всех изученных территориях (районы, городские округа и область

в целом) распределение значений ОА радона в воздухе зданий и помещений соответствует логнормальному закону.

Исследования в области мониторинга радоноопасных зон Таджикистана приведены в работах [123-134]. В этих работах даны рекомендации по уменьшению концентрации радона в воде и скважинах [123-126].

Анализ результатов работ [127-134] показывает, что на территории северного Таджикистана относительно высокие содержания ОА радона в атмосферном воздухе наблюдаются в зонах расположения урановых хвостохранилищ, в первую очередь в г. Истиклол и пос. Дигмай. Указанный фактор обусловлен, в частности, отсутствием защитных покрытий на поверхности хвостохранилищ.

Исследования показали, что на данной территории имеется примерно 2% жилых домов, где среднегодовые величины эквивалентной равновесной активности радона в воздухе превышают установленные нормативы (норматив 200 Бк/м³, что подвергает население риску облучения, при котором эффективная доза облучения может достигать 10 мЗв/год и более.

1.5. Мониторинг радионуклида цезия-137

В литературе обсуждается состояние радиационной обстановки на территории ряда областей РФ и Беларуси в связи с аварией на Чернобыльской АЭС. Состояние радиационной обстановки на территории Орловской области РФ и мониторинг цезия-137 обсуждается в работах [135-137]. Авторы работ пришли к выводу, что хозяйственную деятельность на территории Орловской области можно проводить без защитных мероприятий по снижению цезия-137 и стронция-90.

Т. М. Чичура и др. [138] провели радиологический и гигиенический мониторинг облучения населения и его оценку для населения, которое проживает на радиоактивных загрязнённых территориях Тульской области Российской Федерации. Авторы работы [138] отмечают, что снижение среднегодовых эффективных доз облучения населения, отсутствие превышения допустимых уровней по цезию-137 и стронцию-90 в местных продуктах питания, указывают на возможность перехода городов и сёл, которые пострадали от аварии на Чернобыльской

АЭС, к условиям нормальной жизнедеятельности, предлагаемой в рамках проекта Концепции перевода населённых пунктов.

В работах [139-142] систематизированы материалы о распределении долгоживущих радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в ихтиофауне Обь-Иртышской системы на протяжении более 2400 км от р. Теча до Нижней Оби.

Рыба из всех изученных районов речной системы Обь-Иртыш может использоваться в пищу без каких-либо ограничений. Схемы распределения ^{137}Cs и ^{90}Sr в ихтиофауне речной системы Обь-Иртыш для участка длиной 2400 км представлены, как разработанные регрессионные эмпирические модели. В данных моделях прогнозируется значительный спад в рыбе значений удельной активности радионуклидов на отрезке от реки Теча до реки Исеть, снижение для ^{90}Sr наблюдалось с 2000 до 20 Бк/кг (то есть на 2 порядка), снижение для ^{137}Cs наблюдалось с 40 до 2 Бк/кг (то есть на один порядок). При высокой степени достоверности (для ^{137}Cs значение $R^2 > 0.92$, для ^{90}Sr значение $R^2 > 0.86$) существуют зависимости между концентрациями радионуклидов в ихтиофауне и содержанием радионуклидов в воде, согласно критерию Фишера. Данные зависимости можно использовать для предварительных оценок концентраций радионуклидов в рыбе на основании величин среднегодовых концентраций ^{137}Cs и ^{90}Sr в воде изученных рек [141-143].

В Республике Беларусь в связи с Чернобыльской аварией широко проводится мониторинг цезия-137 в различных объектах. В [156] изучено поступление цезия-137 в полевых культурах. Авторами работ определялись параметры перехода ^{137}Cs и ^{90}Sr в многолетние травы и полевые культуры (зерновые, картофель, кукуруза), возделываемые на торфяных почвах Гомельской области. Установлено, что через много лет после аварии на Чернобыльской АЭС поступление цезия-137 в травяную растительность начало снижаться. Динамика содержания цезия-137 в мышечной ткани диких копытных животных изучено в работе [157]. Из всех обследованных диких копытных животных наиболее высокие содержания ^{137}Cs в мышечных тканях наблюдались у дикого кабана. Особенности распределения це-

зия-137 на территории Республики Беларусь после Чернобыльской аварии приведены в работе [158].

Авторами работы была построена карта в масштабе 1:200 с соотношениями цезия-137 к стронцию-90. Сезонные накопления цезия-137 в грибах на территориях, загрязнённых в результате аварии на ЧАЭС изучены в [159].

В.Н. Калинин и др. изучили содержания цезия-137 и других радиоактивных элементов в мёде Белорусской части зоны отчуждения ЧАЭС [160], накопления цезия-137, стронция-90 и других радиоактивных элементов в органах и тканях волков, обитающих в лесах Белоруссии, изучены в [161].

В Республике Беларусь особое внимание уделяется радиационному контролю лесной продукции [162]. Основными факторами, ограничивающими лесопользование в Республике Беларусь, являются превышения допустимых уровней содержания радионуклидов в лесной продукции.

Изучены особенности распространения радиоактивных изотопов в предгорных и горных территориях центральной части Республики Таджикистан [163]. На территории р. Варзоб и её притоков были идентифицированы две области с аномально завышенными содержаниями радиоактивных изотопов в речных отложениях и прибрежных почвах: это начало ущелья Сиома и исток р. Оджук. Исследовано распределение природных и искусственных радиоактивных изотопов в прибрежных почвах и отложениях реки Варзоб и её притоков. Здесь выявлены две территории с максимальными содержаниями урана и тория: это в истоках реки Сиома и по течению ручья Оджук (выше посёлка Варзоб). Высокие концентрации радиоактивного изотопа ^{137}Cs в составе почвы определяются в ущелье, в котором протекает р. Сиома. Зарегистрированные уровни загрязнения значительно превышают средние уровни аналогичного загрязнения во всем Центральноазиатском регионе. Впервые экспериментально доказано, что в горных ущельях концентрация радиоактивных загрязнений является высокой за счёт аэрозольного загрязнения, приносимого извне [163].

Н.Н. Буриев и др. [164, 165] исследовали образцы мха при изучении осаждения радионуклидов в условиях высокогорья и определили наличие аномально высокого уровня осаждения цезия-137, и определили пути его миграции в пищевых дикорастущих растениях.

В [166] представлены скорости осаждения цезия-137 из состава аэрозолей в условиях высокогорья; зависимости скоростей осаждения от геологических особенностей, миграционные способности радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в различных типах почв приведены в работе [167].

С.Ф. Абдуллаев и сотр. [168, 169] исследовали пылевые и газовые примеси в аридных зонах и их влияние на региональный климатический режим юго-восточной части Центральной Азии и определили содержание в примесях тяжёлых металлов, в том числе цезия-137. Содержание ^{137}Cs в пробах почв в Бк/кг для различных районов Таджикистана следующее: Истаравшан – 11.7; Памир (Ак-Архар) – 10.6; Гулистан – 11.1; Турсунзаде – 13.1; Шахристан (Охтанг) – 14.4. Авторы работы [169] установили наряду с обнаружением ^{137}Cs высокие уровни концентраций изотопов свинца в почвах Зафарабадского района и г. Истаравшан.

1.6. Оценка доз облучения населения

Основными дозообразующими факторами для облучения населения являются природные источники, доля которых в дозовой нагрузке составляет до 80%.

В различных странах проводится мониторинг доз облучения населения от ИИИ. В работах [144-148] приведены результаты мониторинга доз облучения населения от ИИИ.

В Воронежской области РФ по результатам оценки показателей, характеризующих уровень воздействия ИИИ, превышений нормативов не зарегистрировано [144, 145].

И.Г. Шацкий [146] описывает результаты по оценке доз медицинского облучения в рентгенографии в стоматологии. Уровни облучения пациентов при проведении дентальных внутриворотных исследований на аппаратах с плёночными приёмниками в Санкт-Петербурге и Ленинградской области ниже большинства

опубликованных данных и значительно ниже значений, которые приводятся в методических рекомендациях “Заполнение форм федерального государственного статистического наблюдения №3-ДОЗ”, которые используются в настоящее время при заполнении специальных форм, что снижает реально измеренные значения, искажая истинные дозы, получаемые пациентами, не позволяя проводить анализ реально получаемых пациентами доз облучения. Соответственно, значения эффективных доз, полученные в [146], выше полученных при использовании методов оптимизации высокого уровня (исследования проводились при использовании высокочувствительной плёнки и квадратного коллиматора). Тем самым подтверждается реальная возможность дальнейшего снижения уровней облучения пациентов при исследованиях при проведении рентгенографии и стоматологии.

Авторами [147-154] оцениваются дозы облучения различных профессиональных групп медицинского персонала от источников ионизирующего излучения. Были определены средние значения индивидуального эквивалента дозы облучения персонала радиологических отделений стоматологических клиниках г. Душанбе Таджикистана. Значения среднегодовых доз врачей-рентгенологов находятся в пределах 0.7 мЗв, при этом рентгено-лаборанты получают несколько более высокие дозы облучения, в среднем составляя 1.04 мЗв. Таким образом, рентгено-лаборанты получают несколько более высокие дозы облучения по сравнению с врачами-рентгенологами, разница составляет 23%. При этом, полученные медицинским персоналом стоматологических клиник дозы облучения являются более низкими по сравнению с нормативными значениями, и можно констатировать, что эти дозы в целом соответствовали аналогичным дозам других категорий медицинского персонала, работающего с ИИИ, которые проводят рентгенологические исследования и рентгеновскую диагностику.

Результаты, полученные при определении доз внешнего облучения медицинских работников показали, что самые высокие дозы облучения всех категорий медицинских работников, которые отнесены в группу “А”, получают медработники, которые проводят ангиографические исследования. И хотя по сравнению с другими медработниками, проводящими другие радиологические процедуры, до-

зы первых несколько выше, тем не менее, эти дозы находятся в пределах предельно допустимых значений, не превышая порог ПДК. Также показано, что сотрудники различных профессий в радионуклидной диагностике в течение года получают в среднем индивидуальные дозы облучения, составляющие 0.88 мЗв, а сами индивидуальные дозы облучения равны от 0.29 до 2.16 мЗв. Соответственно, можно утверждать, что в среднем годовые индивидуальные дозы облучения, которые получают медицинские работники группы “А” несколько выше, чем усреднённые показатели других категорий медицинских работников, но все они находятся в пределах предельно допустимых значений. После анализа индивидуальных доз облучения медицинских работников сделан вывод, что рентгенолаборанты получают в среднем в год дозы облучения на 23% выше по сравнению с врачами-рентгенологами, соответственно, средний медицинский персонал получает при своей профессиональной деятельности более высокие дозы облучения [152, 153].

Эта тенденция имеет объяснение, что рентгенолаборанты принимают непосредственное участие при рентгенографии, других закономерностей по изменению доз облучения у медицинских работников группы “А” не было выявлено.

Проведены исследования динамики средних значений индивидуальных эквивалентов доз облучения $\text{Hr}(10)$ работников стоматологических клиник г. Душанбе Республики Таджикистан, в частности, работников рентгеноотделений. Данные исследования были проведены в течение пятилетнего периода (с 2010 по 2014 годы). Среднегодовые величины измеренных индивидуальных доз персонала стоматологических клиник показали, что для рентгенолаборантов они составляли 1.04 мЗв, а для врачей-рентгенологов 0.7 мЗв (рисунок 1.5).

Таким образом, для медицинского персонала стоматологических клиник группы “А” сохраняется вышеприведённая тенденция, что рентгенолаборанты получают в среднем в год дозы облучения на 23% выше по сравнению с врачами-рентгенологами [155].

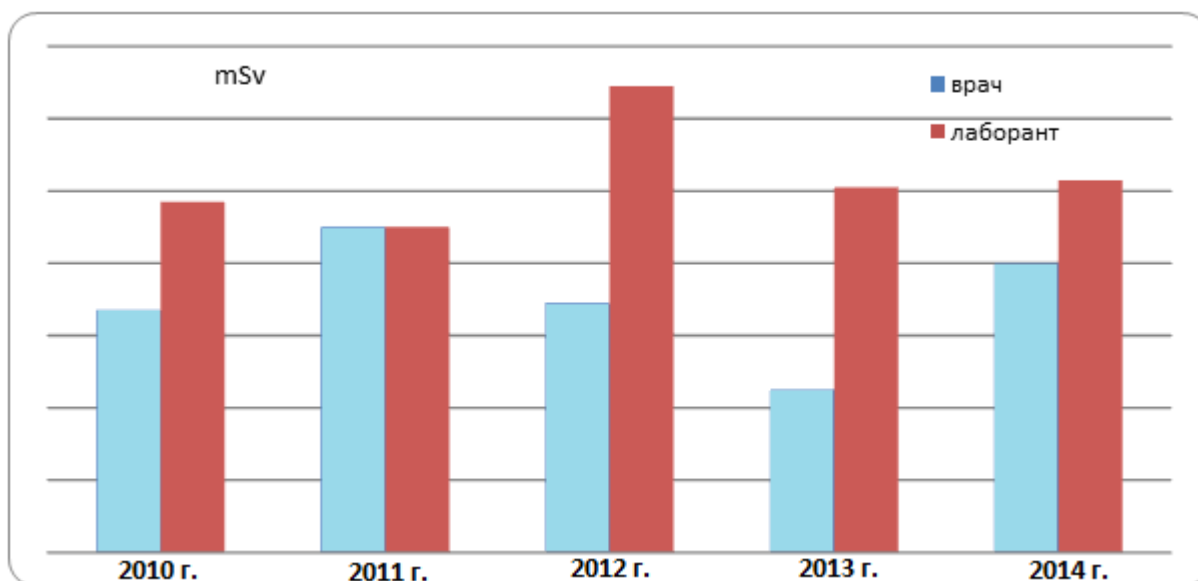


Рисунок 1.5 – Усреднённые годовые индивидуальные дозы облучения, получаемые врачами-рентгенологами и рентгено-лаборантами в стоматологических клиниках г. Душанбе (период исследований с 2010 по 2014 годы)

Анализ контрольных измерений работников различных профессий таможенной службы по дозам облучения позволил констатировать, что для этих сотрудников усреднённые годовые индивидуальные дозы облучения равны 1.15 мЗв, при этом диапазон индивидуальных доз, согласно исследованиям, составляет 0.73-1.21 мЗв. Анализ данных о профессиональном облучении работников таможенной службы, которые относятся к группе “А”, показал, что индивидуальные дозы облучения для них с каждым годом снижаются, при этом самые высокие дозы, полученные сотрудниками, находятся ниже предельно допустимых величин [152, 153].

ГЛАВА 2. РАДИОНУКЛИДНЫЙ МОНИТОРИНГ БИОСФЕРЫ ТАДЖИКИСТАНА

2.1. Изучение содержания природных радионуклидов в почвах некоторых районов Таджикистана

Источниками внешнего облучения человека являются радиоактивные вещества, содержащиеся в почве, горных породах, воздухе, воде, строительных материалах, а также космические лучи [171]. Эндогенные радионуклиды (не включая радон) составляют более 25% воздействия природных источников на население мира, что составляет около 20% годовых доз облучения от общего количества источники, включая антропогенные источники, на которые приходится 0.77 мЗв/год от общего облучения, составляющего 4.06 мЗв/год). [172]. Вклад природных радионуклидов (ЕРН) - ^{232}Th , ^{226}Ra и ^{40}K , которые наиболее часто присутствуют в горных породах, составляет величину в два раза большую по сравнению вклада в облучение космических лучей, и несколько ниже доз облучения от выбросов радона и медицинского радиологического облучения.

Во-первых, радиоактивные элементы – это необходимые компоненты всех питательных сред, в которых развиваются как животные, так и растительные организмы [172], во-вторых, высокие дозы облучения способствуют развитию заболеваний – раковых, снижается скорости кровотока, не вырабатываются красные кровяные тельца, многие органы человека ослабляют свои функции, возникают хронические заболевания. В настоящее время не установлено приемлемого для населения значения эффективной дозы, обусловленного общим воздействием от естественных источников радиации. Поэтому снижение воздействия радиоактивных элементов на население достигается за счёт разработки и создания системы ограничений, которые снижают эффективность облучения население от определённых естественных радиоактивных облучателей [173].

Согласно данным [171-174], радиоизотопы Th-232, Ra-26 и K-40 относятся к различным радиоактивным семействам, их характеризуют определённые различия в геохимических и ландшафтных свойствах. В частности, торий в почвах содер-

жится в основном, как изоморфная примесь некоторых минералов – это кислые первичные силикатные руды, так как торий легко встраивается в их кристаллическую решётку. Калий, включая радиоактивный К-40, также присутствует в природе в виде изоморфной примеси и, кроме этого, он активно поглощается глинистыми минералами – монтмориллонитом и гидрослюдой.

Для радия, помимо изоморфных замещений, важное значение имеет радиоактивный распад урана-238 в горных минералах (продуктом этого распада является радий), а также селективное поглощение высшими растениями. Это свойство растительных организмов, возможно, унаследовано ими от древнейших форм жизни, имевших место миллионы лет назад, для которых радиоактивность радия была важна в качестве дополнительного источника энергии [175]. Соответственно, в почвах тяжёлых составов содержание ЕРН должно увеличиваться, а по радю – его присутствие и увеличение концентрации зависит от наличия в окружающей среде родоначальника радиоактивного семейства – урана и от наличия в почвах гумуса.

На территории Республики Таджикистан почвенный покров чрезвычайно разнообразен. Кроме того, из-за сильных перепадов высот чётко прослеживается поясность по почвам. Различают четыре пояса: 1) низкогорно-равнинный пояс, характеризующийся серозёмными почвами; 2) среднегорный пояс, представленный коричневыми горными почвами; 3) пояс высокогорья, с различными почвами – пустынными, занговыми, пустынно-степными, лугово-степными; 4) нивальный - представлен рухляковыми почвами, имеющими место между скалами, снежниками и ледниками [176].

Территория регионов, выбранных для отбора проб, включает в себя самые разнообразные ландшафты: альпийские луга, высокогорные и равнинные пустыни, глубокие и узкие ущелья рек, сжатые скалистыми горными хребтами. Территория, на которых были проведены полевые исследования, составила в среднем 20 000 км², это Кулябский и Бохтарский районы, которым характерны типичные природные ландшафты, на которых расположены различные по своим природным особенностям территории. Было отобрано и изучено 36 образцов почв, кото-

рые отбирались согласно различным генетическим типам, а также из всех природных материалов и почвообразующих пород. В каждом районе было выбрано от 3 до 5 точек для отбора проб, где минимальное расстояние между точками составляет примерно 5-7 км. Отбор проб почвы проводили согласно ГОСТ 17.4.3.01-2017 [177] от поверхности земли до глубины 25 см. Из общего образца почвы способом квартования были отобраны усреднённые образцы, объём которых составлял примерно 1 дм³. Каждый образец высушивался в атмосферном воздухе, измельчался при помощи мельницы и затем просеивался через сито (Ø 2.0 мм).

Для гамма-спектрометрического измерения проб использовали стандартный сосуд «Маринелли» объёмом 1 дм³. Измерения проводились на гамма-спектрометре с детектором из особо чистого германия (CANBERA, программное обеспечение Genie-2000) с неопределённостью измерения от 5 до 12%, в аккредитованной Лаборатории технических услуг Агентства по химической, биологической, радиационной и ядерной безопасности НАН Таджикистана. На рисунке 2.1 приведён энергетический спектр гамма-излучения образца пробы №3 почвы «Сари Хосор».

Из рисунка 2.1 видно, что в спектре основные пики полного поглощения относятся к семейству урана-238, тория-232 и изотопу калия-40.

Результаты измерений удельной активности образцов почв некоторых районов Хатлонской области Республики Таджикистана приведены в таблице 2.1.

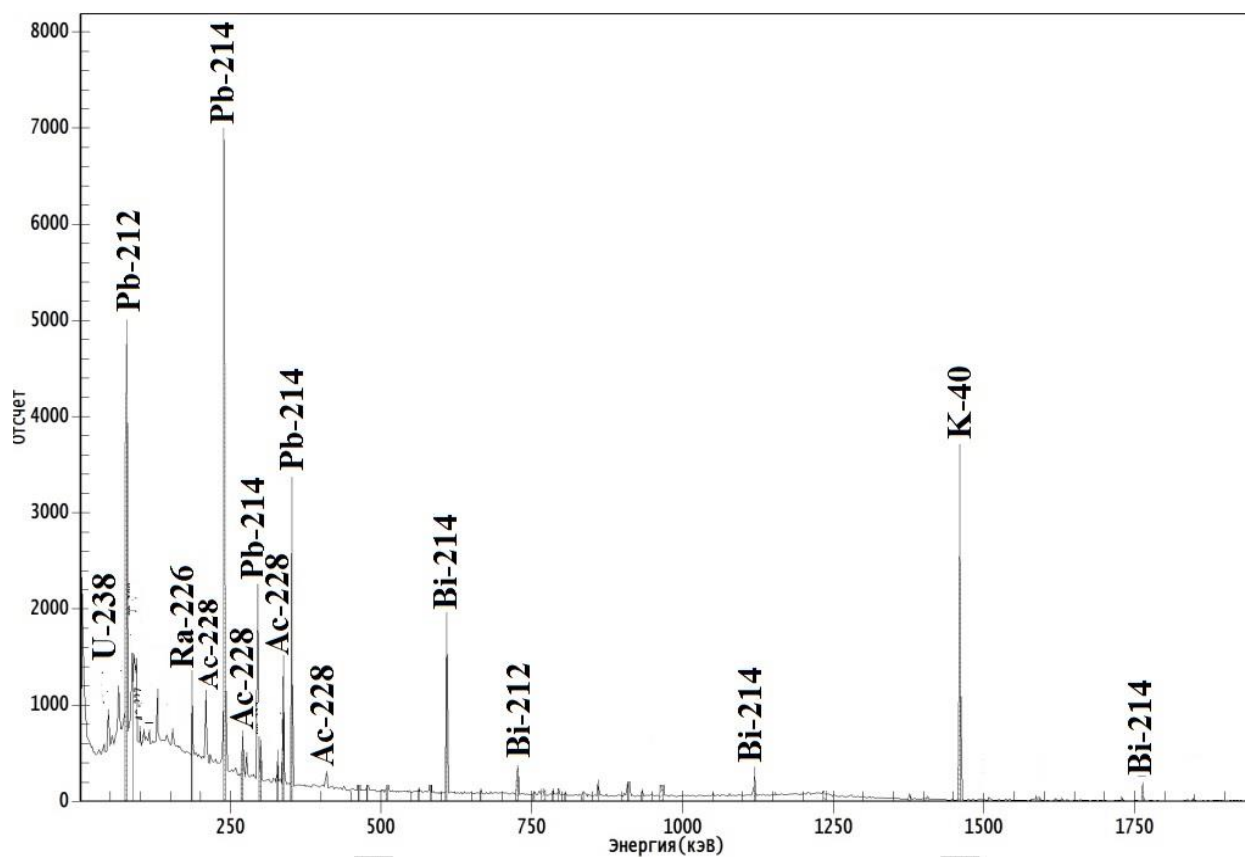


Рисунок 2.1 – Энергетический спектр гамма-излучения образца пробы №3 почвы «Сари Хосор»

Таблица 2.1 - Результаты измерений удельной активности образцов почв (Бк/кг)

Изотоп	Район					
	Н. Хусрав	Н. Хусрав-2	Н. Хусрав-3	Н. Хусрав-4	Шахритус-1	Шахритус-2
Ка-40	542.866	589.413	460.530	320.901	645.099	594.437
Bi-214	31.347	29.724	37.894	5.425	22.266	26.611
Pb-214	31.083	30.341	35.897	23.768	21.023	-
Pb-210	38.034	26.867	26.470	23.174	27.389	-
Bi-212	22.554	20.294	27.435	15.856	17.295	-
Pb-212	29.018	34.425	20.156	21.071	23.067	-
Ac-228	32.885	36.088	34.391	24.456	26.673	-
Th-228	-	120.138	-	-	60.103	-
U-238	23.002	125.886	27.530	16.574	15.486	-
Ra-226	66.4798	36.380	80.514	44.581	10.335	-

Продолжение таблицы 2.1

Изотоп	Район					
	Шахритус-3	Кубодиён-1	Кубодиён-2	Кубодиён-3	Кубодиён-4	Ховалинг-1
Ка-40	605.775	507.373	624.673	626.553	601.886	678.144
Bi-214	32.171	30.231	30.928	37.019	29.568	31.568
Pb-214	31.673	24.994	29.153	35.193	25.487	28.171
Pb-210	25.795	-	29.979	31.332	23.209	-
Bi-212	23.720	23.444	25.023	39.659	24.324	33.483
Pb-212	36.400	-	32.532	28.218	33.271	-
Ac-228	40.746	-	37.399	43.143	38.949	46.948
Th-228	-	-	-	107.535	88.169	-
U-238	-	-	21.432	45.715	22.131	-
Ra-226	-	43.280	38.058	46.712	-	-
Изотоп	Район					
	Ховалинг-2	Ховалинг-3	Ховалинг-4	Ховалинг-5	Куляб-1	Куляб-2
Ка-40	555.680	661.583	787.757	547.016	443.353	520.644
Bi-214	31.370	34.583	36.961	32.675	25.521	33.469
Pb-214	30.442	33.728	37.212	32.219	23.784	32.683
Pb-210	38.903	49.230	50.108	25.135	31.191	33.403
Bi-212	25.370	31.965	33.600	26.862	19.511	24.775
Pb-212	38.517	46.202	49.885	39.702	27.904	37.357
Ac-228	39.555	46.440	52.070	41.304	29.007	39.946
Th-228	-	-	-	-	73.805	99.376
U-238	23.520	29.981	23.804	-	19.958	27.961
Ra-226	-	-	-	-	56.313	74.908
Изотоп	Район					
	Воце-1	Воце-2	Воце-3	Воце-4	Воце-5	Фархор-1
Ка-40	578.860	526.575	365.382	545.480	611.384	484.751
Bi-214	37.058	35.387	22.881	26.764	30.489	27.169
Pb-214	35.345	35.801	22.379	26.477	29.186	26.475
Pb-210	33.694	33.190	24.022	21.608	24.840	26.042
Bi-212	26.895	25.039	16.479	21.115	24.401	20.701
Pb-212	36.768	33.685	24.285	26.764	37.041	30.962
Ac-228	41.022	36.909	25.180	33.175	37.152	33.306
Th-228	-	-	-	-	-	-
U-238	-	24.876	18.360	17.451	23.837	23.012
Ra-226	-	66.888	-	-	-	-

Продолжение таблицы 2.1

Изотоп	Район					
	Фархор-2	Фархор-3	Фархор-4	Темурмалик-1	Темурмалик-2	Хамадони-1
Ка-40	485.644	496.468	560.737	567.175	532.354	413.168
Bi-214	30.457	32.737	30.799	29.841	28.754	26.077
Pb-214	29.401	30.286	31.132	28.437	28.131	25.466
Pb-210	-	33.826	29.271	-	31.896	23.381
Bi-212	22.751	21.725	22.486	25.597	22.387	19.346
Pb-212	33.132	31.466	35.119	-	32.900	27.941
Ac-228	34.223	35.152	36.437	-	34.153	30.075
Th-228	-	-	99.658	-	80.957	62.605
U-238	23.778	-	23.375	-	24.891	17.822
Ra-226	66.164	68.881	40.121	-	34.595	55.396
Изотоп	Район					
	Хамадони-2	Хамадони-3	Сари Хосор-1	Сари Хосор-2	Сари Хосор-3	
Ка-40	460.530	445.031	472.973	779.305	418.319	
Bi-214	37.894	25.809	22.118	30.286	22.595	
Pb-214	35.897	24.153	21.796	30.398	22.148	
Pb-210	26.470	22.218	120.387	22.080	26.997	
Bi-212	20.156	17.275	19.367	24.639	15.775	
Pb-212	27.435	27.146	28.747	34.280	24.469	
Ac-228	34.391	29.136	29.084	37.483	24.992	
Th-228	-	68.594	74.783	-	-	
U-238	27.530	20.659	21.742	24.630	15.773	
Ra-226	80.514	49.435	17.516	27.783	14.208	

В таблице 2.1 выделены максимальные значения удельной активности образцов для каждого радионуклида.

Известно, что основной вклад в содержание природных радионуклидов в почвах исследуемых территорий вносит ^{40}K . Результаты нашей работы показали, что самый высокий уровень содержания данного изотопа был обнаружен в образцах почв «Ховалинг-4» (787.7 Бк/кг), которые были отобраны на территории Ховалингского района Хатлонской области. Самый низкий уровень содержания ^{40}K характерен для образца почвы «Н. Хусрав-4», значение удельной активности которой составляет 320.1 Бк/кг.

Значительное количество радия-226 обнаружено нами в почвенных образцах, взятых на территории района Н. Хусрав (80.5 Бк/кг), а минимальное содержание – в образце «Шахритус-1», которое составило 10.3 Бк/кг. В некоторых образцах почв нами не обнаружено изотопа радия-226.

Различные содержания в почвах ЕРН зависят от различных типов почвообразования, их достоверность статистически подтверждена ($p > 99\%$), при этом максимальные различия соответствуют разнице между почвами тяжёлых и легких составов. Соответственно минимальные содержания ЕРН отмечены в песчаных почвах.

Например, из таблицы 2.1 видно, что в образце «Шахритус-2» содержание радионуклидов низкое, а образец почвы отобран из территории Айвача из земель песчаного типа. Из этого следует, что из состава почвы все изотопы смывались, то есть выщелачивались во время дождей и других природных воздействиях.

В глинистых почвах наблюдаются почти все радиоизотопы семейства урана-238 и тория -232 (образцы почв «Н. Хусрав-2», «Кубодиён-3», «Фархор-4», «Темурмалик-2», «Хамадони-1» и др.

2.2. Содержание изотопа цезия-137 в почвенном покрове центрального и южного Таджикистана

Атмосферные испытания ядерного оружия начала 60-х гг. прошлого века, аварии на ЧАЭС и Фукусиме, бурное развитие атомной энергетики, а также широкое применение радионуклидов в промышленности, медицине и научных исследованиях определяют актуальность проблемы изучения распространения техногенных радионуклидов в природных средах и их воздействия на окружающую среду и биосферу.

Одним из распространённых техногенных радионуклидов, который находят повсеместно в почвах, в донных отложениях рек, озёр и морей, в выпадениях атмосферных осадков является цезий-137.

Ранее в работах [168, 169] было изучено содержание природных и техногенных радионуклидов в образцах пыльной мглы юга Таджикистана, где показано наличие цезия-137.

Цель данного исследования состояла в изучении распределения ^{137}Cs в почвах ряда районов центрального и южного Таджикистана в зависимости от рельефа и механических свойств грунтов местности на основе изучения проб, отобранных в 2018-2020 годы. На основании полученных результатов выявить основные закономерности и характер пространственного распределения цезия-137 в почвенном покрове центрального и южного Таджикистана.

Для решения данных поставленных целей необходимо было решить ряд задач, основными из которых были следующие:

- определение объектов и изучение рельефа местности;
- выбор точек в каждом районе региона и отбор проб почвы на этих точках;
- обработка и анализ полученных результатов;
- изучение характера пространственного распределение цезия-137 в почвенном покрове объекта;
- использование полученных данных для составления карты содержания цезия-137 в центральной и южной части республики.

Республика Таджикистан является типичной горной страной, её рельеф выражен различными рельефами, а абсолютные высоты колеблются в пределах 300-7495 м над ур. моря. В общем, половина территорий Таджикистана имеет абсолютные высоты более 3000 м над ур. моря. В Таджикистане наблюдается смена рельефа, выраженная по поясам. Так, территорию страны можно разделить на следующие пояса: высоты 300-900 м над ур. моря – равнинный пояс; высоты 900-1600 м над ур. моря - предгорный пояс; 1600-2300 м над ур. моря - низкогорный пояс; 2300-3500 м над ур. моря - среднегорный пояс; выше 3500 м над ур. моря - высокогорный пояс. На территории Таджикистана равнинный пояс занимает всего лишь около 7% от всей территории.

Как уже отмечалось выше, на территории Республики Таджикистан почвенный покров чрезвычайно разнообразен. Кроме того, из-за сильных перепадов высот чётко прослеживается поясность по почвам. Различают четыре пояса.

Территория регионов, выбранных для отбора проб, включает в себя самые разнообразные ландшафты: альпийские луга, высокогорные и равнинные пустыни, глубокие и узкие ущелья рек, сжатые скалистыми хребтами.

Отбор проб проводился на площади около 45000 км² на территориях Гиссарского, Раштского, Бохтарского и Кулябского регионов. Для исследования было отобрано 92 образца почв различных типов (таблица 2.2). В каждом районе было выбрано от 3 до 8 точек для отбора проб, где минимальное расстояние между точками составляет примерно 4-7 км. Отбор проб почвы проводили согласно ГОСТ 17.4.3.01-2017 от поверхности земли до глубины 25 см. Отобранные пробы разделили на две категории: пробы почв из необрабатываемых земель и пробы почв из обрабатываемых полей. Каждую пробу в точке отбора очищали от различных включений, корней и камней. Из общей усреднённой пробы методом квартования были отобраны образцы массой около 10 дм³. Каждый образец высушивался в атмосферном воздухе, измельчался при помощи мельницы и затем просеивался через сито (Ø 2.0 мм).

Для радиологического измерения проб использовали стандартный сосуд «Маринелли» объёмом 1 л. Радиологические измерения и анализ исследуемых проб проводились на гамма-спектрометре с детектором из особо чистого германия (CANBERA, программное обеспечение Genie-2000) в аккредитованной Лаборатории технических услуг Агентства по химической, биологической, радиационной и ядерной безопасности НАН Таджикистана. В таблице 2.2 приведены количество проб и места их отбора.

Таблица 2.2 - Средняя удельная активность ^{137}Cs в почвах районов центрального и южного Таджикистана, координаты местности, количество отобранных проб

Район	Широта	Долгота	Кол-во отобранных проб	Средняя удельная активность, Бк/кг
Душанбе	38.573060	68.786390	4	5.02
Алмоси	38.585700	68.560300	3	36.4
Камароб	38.942500	69.683400	4	44.4
Файзобод	38.5313442	69.2601323	8	14.2
Канаск	38.680978	69.214411	3	13.4
Шахринав	38.577222	68.329722	5	5.4
Бохтар	37.8319905	68.7803554	3	4.5
Гаравоти	37.6711698	68.5490378	3	3.2
Дусти	37.348611	68.673333	3	2.1
Кубодиён	37.3467744	68.1673638	5	2.4
Шахритус	37.259444	68.134722	5	3.6
Н. Хусрав	37.250000	68.000000	4	6.5
Кулоб	37.911944	69.780833	3	3.8
Восе	37.833333	69.583333	4	2.3
Хамадони	37.656667	69.629167	3	2.1
Фархор	37.483333	69.416667	4	2.4
Темурмалик	38.178611	69.569167	3	10.2
Ховалинг	38.341940	69.975310	4	5.4
Сари Хосор	38.600610	69.919600	3	25.5
Курговат	39.028710	70.374460	3	3.6
Гарм	39.1690888	70.8909218	3	9.8
Мисканобод	38.5687075	69.3623526	3	2.8
Лахш	39.3028047	71.4696426	3	4.1
Таджикабад	38.508817	68.954507	3	1.3
Нуробод	38.781692	70.073327	3	14.3

Результаты измерения средней удельной активности ^{137}Cs в почвах районов центрального и южного Таджикистана приведены на диаграмме (рисунок 2.2).

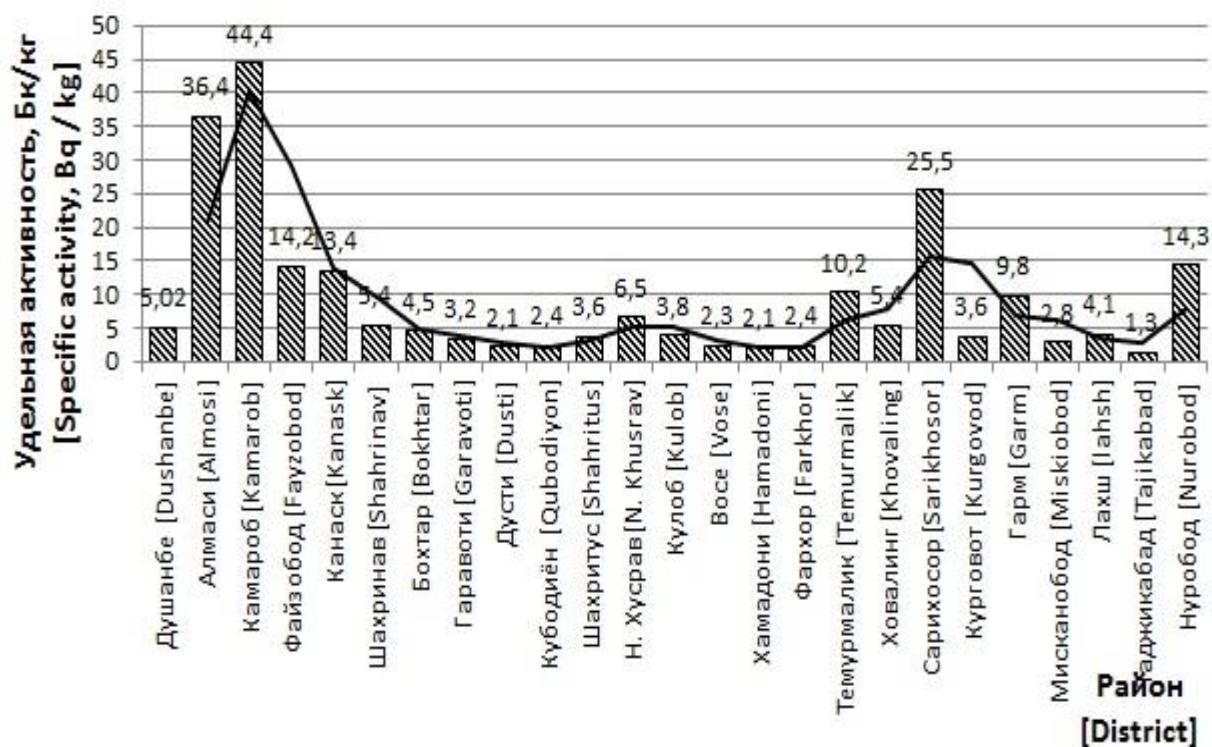


Рисунок 2.2 – Диаграмма средней удельной активности ^{137}Cs в почвах районов центрального и южного Таджикистана

Из диаграммы видно, что динамика распределение ^{137}Cs в районах Таджикистана разная. Максимальная средняя удельная активность ^{137}Cs наблюдается в почвах гористой местности районов Раштской зоны и территории Сари Хосора. Минимальное значение средней удельной активности цезия-137 наблюдается в районе Таджикабад, которое составляет 1.3 Бк/кг. При анализе образцов почвы исследуемой местности было установлено, что максимальное значение удельной активности цезия-137 наблюдается в пробе почвы местности Камароб Раштского района, которое составляет 147.5 Бк/кг, а среднее значение удельной активности в этом районе составляет 44.4 Бк/кг. Проба почвы «Камароб» была отобрана у подножия горы.

На рисунке 2.3 приведён энергетический спектр гамма-излучения радионуклидов в пробе №1 почвы, отобранной в «Камароб».

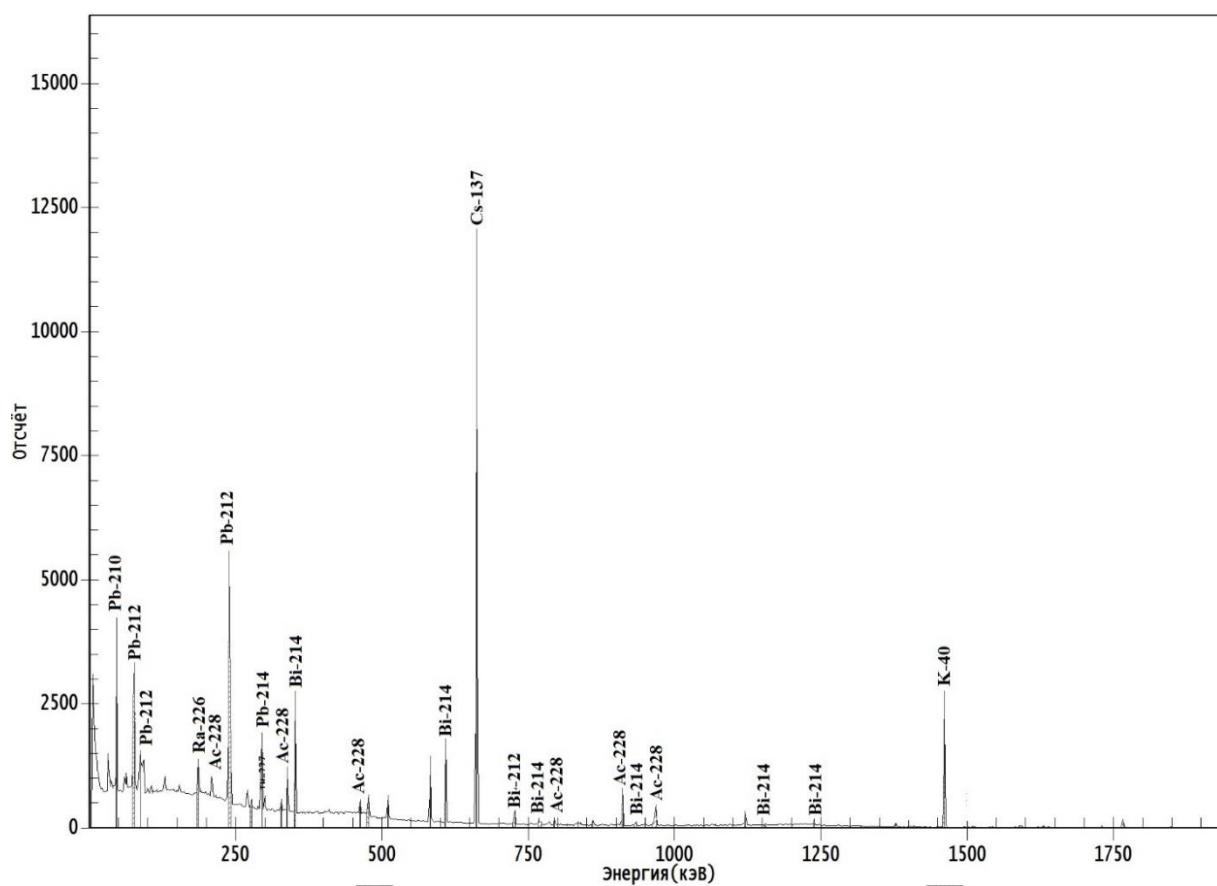


Рисунок 2.3 – Энергетический спектр гамма-излучения образца пробы №1 почвы «Камароб»

Из энергетического спектра (рисунок 2.3) видно, что высота пика полного поглощения изотопа ^{137}Cs с энергией 661 кэВ значительно выше по сравнению с другими природными радионуклидами семейства - ^{235}U , ^{238}U , ^{232}Th и ^{40}K .

Предполагается, что концентрация радионуклида цезия-137 в данной местности связана с геологическими особенностями ущелья, окружённого высокими скалисто-лесисто-луговыми и горными местностями, ущелье это полностью замкнуто, имеет протяжённость 35 км, выход из данного ущелья один, это узкий проход между горными вершинами, в связи с чем радионуклиды, которые мигрируют в составе аэрозольных осадков и пылевых бурь, полностью осаждаются в данной местности, что характерно для всех горных массивов Таджикистана.

Обычно в результате водной и ветровой эрозии поверхностный слой покрова, смываясь, накапливается у подножья гор, в составе которого и концентрируются техногенные радионуклиды.

В некоторых исследуемых пробах ^{137}Cs не был обнаружен (проба №2 из пустыни Айвадж района Шахритус и проба №4 из района Фархор). Все эти почвы относятся к песчаным. Видимо, это происходит в связи с тем, что в песчаной породе вертикальная миграция нуклидов вглубь происходит легко.

На рисунке 2.4 приведена карта средней удельной активности ^{137}Cs в почвах некоторых регионов Таджикистана в Бк/кг.

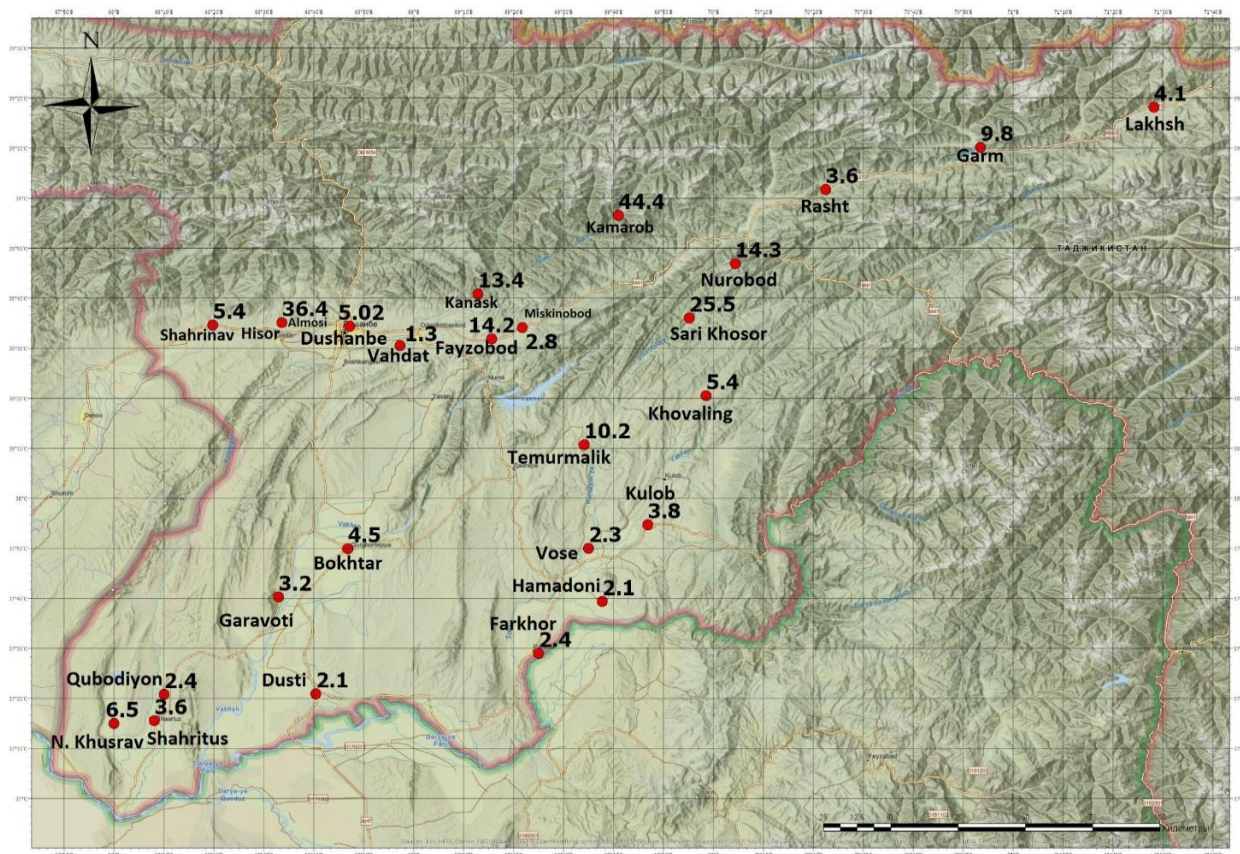


Рисунок 2.4 – Карта содержания ^{137}Cs в почвах некоторых регионов Таджикистана (в Бк/кг)

В зависимости от типа почв от 60 до 95% от общего запаса радионуклидов в верхнем 30-сантиметровом слое почвы мигрирует за счёт диффузионных процессов, нами проводился анализ соотношения распределения ^{137}Cs на необрабатываемых землях и почвах обрабатываемых полей Хатлонской области Таджикистана, результаты которого приведены на рисунке 2.5 в виде диаграммы.

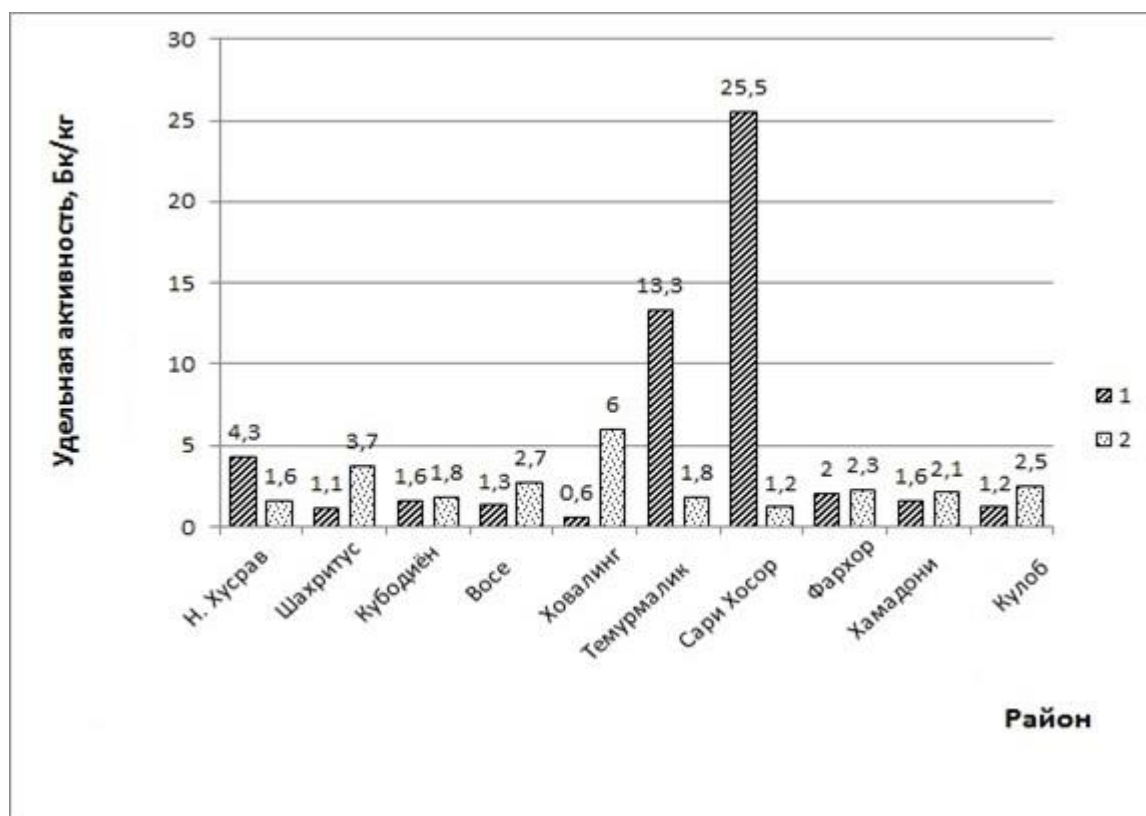


Рисунок 2.5 – Диаграмма удельной активности цезия-137 в почве некоторых районов Хатлонской области Таджикистана: 1- необрабатываемые земли; 2- обрабатываемые поля

Как видно из диаграммы, удельная активность ^{137}Cs в пробах из необрабатываемых гористых земель относительно выше, чем из обрабатываемых полей. В то же время удельная активность ^{137}Cs в некоторых пробах, взятых из обрабатываемых полей равнинных территорий, наоборот выше, чем в необрабатываемых. Это, по-видимому, связано с тем, что при обработке почвы мигрировавшие в глубину радионуклиды выносятся на поверхность.

Исследование отобранных проб почвы в течение 2018-2020 гг. показало, что содержание ^{137}Cs в почвах районов центрального и южного Таджикистана зависит от рельефа и состава грунта местности. Установлено, что динамика распределения ^{137}Cs в районах Таджикистана разная. Максимальная удельная активность ^{137}Cs наблюдается в почвах гористой местности районов Раштской зоны и на территории Сари Хосора, а также в необрабатываемых землях Хатлонской области республики.

В некоторых исследуемых пробах почв (песчаных) ^{137}Cs не был обнаружен.

На основании полученных результатов, выявлены основные закономерности и характер пространственного распределения цезия-137 в почвенном покрове центрального и южного Таджикистана.

2.3. Радиоэкологическая ситуация северного Таджикистана

Здоровье населения, являясь основным показателем эффективности государственных, общественных и индивидуальных мероприятий в области здравоохранения, не может рассматриваться в отрыве от социально-экономических условий, факторов среды, образа жизни.

Ухудшение состояния окружающей среды в мире в XX-XXI веках обусловлено высоким антропогенным процессом: интенсивным развитием промышленности, энергетики, транспорта, химизацией сельского хозяйства и быта, урбанизацией, а также изменениями климата.

Одним из неблагоприятных экологических факторов Таджикистана является состояние радиационной экологии на его северной территории. Интенсивная переработка урановых руд на территории северного Таджикистана в период бывшего могучего государства СССР привело к накоплению значительного количества отходов с высокими концентрациями радионуклидов (в основном ураноториевого ряда) (таблица 2.3).

По данным многолетних измерений мощность эквивалентной дозы (МЭД) γ -излучения на поверхностях имеющихся хвостохранилищ, в их текущем состоянии на настоящий момент выявлено:

Хвостохранилище I-II очереди (г. Истиклол). Максимальная величина МЭД на поверхности равна 0.78 мкЗв/час, средняя величина при этом равна 0.68 мкЗв/час (при радиационном естественном фоне, равном ~ 0.20 мкЗв/час). Линия, ограничивающая загрязнение прилегающей территории практически идентична контуру самого хвостохранилища, а вынос радиоактивных материалов за границы этого хвостохранилища выявлен только в восточной части хвостохранилища, что объясняется выносом радиоактивной пыли ветрами с поверхности хвостохрани-

лица, что происходило до его покрытия нейтральным грунтом, то есть до консервации.

Таблица 2.3 - Хвостохранилища бывшего уранового производства по данным ГУП «Таджикредмет»

№ п/п	Наименование места и название хвостохранилища		Период эксплуатации	Количество хранящихся отходов, млн. т/Кюри	МЭД, мкЗв/ч
1	Хвостохранилище	Дигмайская впадина	с 1963 г.	20.8 4218	10.0
2	Хвостохранилище	г.Гафуров, 0.5 км	1945-1950 гг.	0.4 159	0.2
3	Хвостохранилище “Карта 1-9”	2 км г.Бустон	1949-1967 гг.	3.03 779	0.6
4	Хвостохранилище (I-II очереди)	г.Истиклол, 2 км	1945-1959 гг.	1.69 218	0.68
5	Хвостохранилище (III очереди)	г.Истиклол, 0.5 км	1947-1963 гг.	1.8 232	0.76
6	Хвостохранилище (IV очереди)	г.Истиклол, 1.0 км	1949-1965 гг.	4.13 510	0.77
7	Хвостохранилище цеха №3	г.Истиклол, 3.0 км	1949-1965 гг.	1.17 15.2	0.6
8	Хранилище ФБР	г.Истиклол, 4.0 км	1950-1965 гг.	2.03 253	1.0
9	Хвостохранилище 2	1 км от г.Адрасман	с 1991 г.	0.4 160	0.6
10	Рудник-3	2 км от г.Худжанда	1976-1985 гг.	3.5 11.0	0.7

Хвостохранилище III очереди (г. Истиклол). Здесь максимальные величины МЭД, измеренные на поверхности хвостохранилища, составляют 0.88 мкЗв/час, средние величины МЭД равны 0.76 мкЗв/час. Величины МЭД, измеренные на всех участках хвостохранилища, укладываются в пределы более 70 мкЗв/час. За контур хвостохранилища радиоактивный материал выносится за счёт различных климатических факторов (за счёт осадков и ветров). При этом загрязнение окружающих хвостохранилище участков было сформировано до его покрытия нейтральным грунтом, то есть до его консервации.

Хвостохранилище IV очереди (г. Истиклол). Максимальные величины МЭД, измеренные на поверхности, составляют до 0.98 мкЗв/час, при средних величинах МЭД в 0.77 мкЗв/час. Величины МЭД на всей поверхности хвостохранилища составляют более 0.50 мкЗв/час. Выносы радиоактивных материалов за пределы хвостохранилища отмечаются в западной и восточной частях. Аналогично ситуации с хвостохранилищами I-II очереди, границы радиоактивного загрязнения выходят за границы хвостохранилища в результате выноса радиоактивной пыли ветрами с поверхности хвостохранилища, что происходило до его покрытия нейтральным грунтом, то есть до консервации.

Хвостохранилище Дигмай (Б. Гафуровский район). В нескольких точках были определены максимальные концентрации радона, превышающие 800 Бк/м³. Такие высокие содержания радона на поверхности хвостохранилища вносят значительный вклад в вычисление дозовых нагрузок облучения от радона и его короткоживущих радиоактивных продуктов распада. Кроме того, дозовая нагрузка облучения от радона включает и вклад его долгоживущих дочерних продуктов распада, в частности, это полоний-210 и свинец-210, которые содержатся в пылевых частичках. При сильных ветрах эти пылевые частички выносятся за территорию хвостохранилища, достигая населённых пунктов, которые расположены вблизи хвостохранилища. Значения МЭД гамма-излучения увеличиваются до 10 мкЗв/час.

В настоящей работе разработана и исследована радиоэкологическая карта северного Таджикистана. Для определения уровней радиации на обследованных

территориях было проведено измерение общего радиационного фона местностей. При мониторинге проводились измерения МЭД гамма-излучения с помощью специальных дозиметров – ДКС-1123 производства АТОМТЕХ (Беларусь), ДКС-96 производства ДОЗА (Россия), МКС-АТ6130 производства АТОМТЕХ (Беларусь), комплекс RackEye (FHT-1377) производства Thermo (Germany).

За период исследований с 2015-2019 гг. радиозэкологический мониторинг гамма-фона проведён на территории всех 18 городов и районов Согдийской области Республики Таджикистан. Составлены их радиозэкологические карты с привязкой МЭД к конкретным координатам местности (рисунок 2.6). По результатам исследований выявлены и районированы участки местности с большим значением МЭД, что представляет практический интерес.

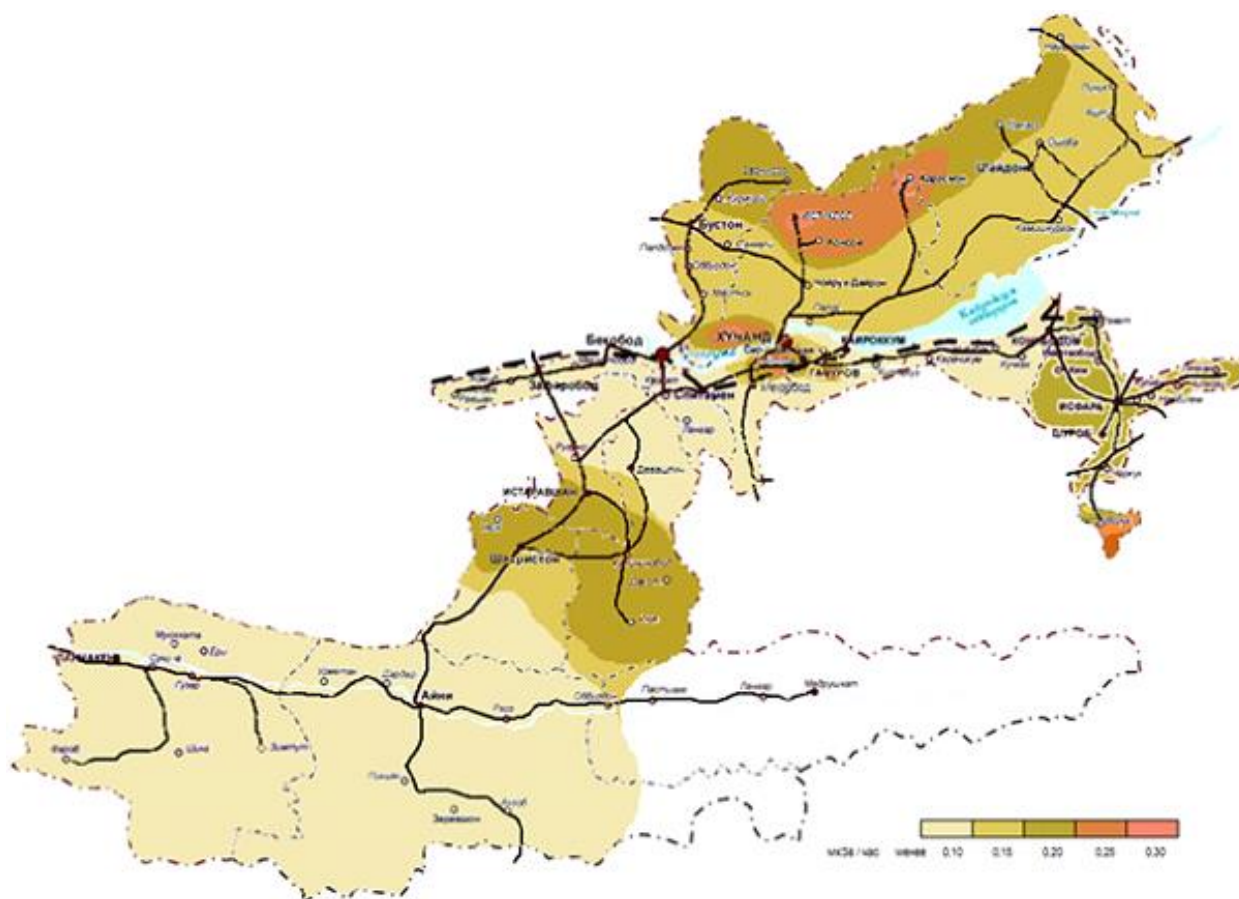


Рисунок 2.6 – Радиозэкологическая карта северного Таджикистана

Радиозэкологическая ситуация города Худжанда. Худжанд по праву считается одним из старейших городов в Центральноазиатском регионе. Худжанд

расположен в северной части Республики Таджикистан, является крупным административным центром, а также это центр Согдийской области. По величине Худжанд является вторым после г. Душанбе на территории нашей страны, здесь находится крупный транспортный узел, кроме того, Худжанд является научным, культурным, экономическим и политическим центром республики.

Худжанд территориально располагается в Ферганской долине, на берегах р. Сырдарья, ниже Кайраккумского водохранилища, его на севере окружают горы Моголтау, на юге – отроги Туркестанского хребта.

На правом берегу реки Сырдарьи расположены 20 жилых кварталов города Худжанд. На северо-западе города, выше по рельефу от 17, 18 микрорайонов расположены отвалы бывшего Рудника №3 с общей площадью четырёх отвалов 5.9 га. Эти объекты покрыты нейтральным грунтом толщиной 0.6-0.8 м.

Среднее значение МЭД гамма-излучения на отвалах составляет 0.50-0.75 мкЗв/час, а максимальные значения МЭД на отдельных площадках (около 5% от общей площади) достигают 0.90-1.10 мкЗв/час. Значения естественного фона в данной местности (гранитный массив) составляют 0.40-0.50 мкЗв/час.

На левом берегу реки расположено более 60% площади города Худжанд. МЭД гамма-излучения на левом берегу на 30-40% ниже, чем в правобережной части города. Самый низкий радиационный фон, как следует из карты, приходится на территорию центральной части города.

В то же время установлено, что повышенные значения МЭД имеют прямую зависимость от места расположения радиоактивных хвостохранилищ северного Таджикистана. Среди этих хвостохранилищ повышенный интерес представляют: Дигмайское и «Фабрика бедных руд» г.Истиклола.

Радиоэкологическая ситуация Бободжон Гафуровского района.

Анализ результатов, полученных данных и изучение составленной радиологической карты Б. Гафуровского района показали, что в центральной и южной частях района МЭД составляет соответственно от 15 и 20 мкЗв/час. Такие значения МЭД связаны с тем, что в почвах данной территории содержатся радиоактивные материалы и недалеко расположено радиоактивное хвостохранилище Дигмай.

Участки, прилегающие к юго-восточной части Б. Гафуровского района, имеют МЭД до 25-30 мкЗв/час, что также связано с близко расположенным радиоактивным хвостохранилищем Дигмай.

Радиоэкологическая ситуация города Истиклол. На поверхности открытого радиоактивного хвостохранилища «Фабрика бедных руд» г. Истиклол радиационный фон достигает свыше 6 мкЗв/ч.

Наблюдаются локальные территории с очень высоким фоном (более 20 мкЗв/ч), которые связаны с расположением радиоактивных отходов уранового производства на территории северного Таджикистана, унаследованных от бывшего СССР.

Согласно анализу результатов, полученных в результате исследования, территории с величинами МЭД выше 0.35-0.40 мкЗв/час, то есть территории северного Таджикистана, на которых обнаруживается самое высокое загрязнение радиоактивными нуклидами – это территории радиоактивных хвостохранилищ, а также территории, расположенные поблизости от них. Значения среднего радиационного фона вокруг хвостохранилищ и над их поверхностью находятся в диапазоне 0.9-1.2 мкЗв/час, то есть в 6-8 раз выше значений естественного радиационного фона.

Результаты, полученные при информативном изучении радиоэкологической ситуации на севере Таджикистана, имеют важное значение для экономического и народнохозяйственного комплекса страны, они предназначены для министерств и ведомств страны, которые должны учитывать данные показатели при планировании экономического и социального развития региона, проведения оценки воздействия опасных радиоактивных объектов на природную среду, кроме того, эти данные актуальны для различных экологических и общественных организаций, проводящих свою деятельность на данных территориях.

2.4. Удельная суммарная активность природных радионуклидов в воде источников питьевого водоснабжения Хатлонской области Республики Таджикистан

Как известно, Таджикистан – горная страна, расположена в области формирования стока бассейна Аральского моря. Территория республики богата подземными водами: пресными, минеральными лечебными, термальными. Прогнозные ресурсы подземных вод составляют примерно 51.2 млн. м³/сут. В то же время разведанные эксплуатационные запасы только пресных подземных вод долинной части республики составляют около 7.6 млн. м³/сут. Количество действующих водных скважин составляет более 4600. Чтобы оценить дозы облучения на территории северного Таджикистана по водному пути, были рассчитаны средние величины объёмной активности таких радионуклидов, как уран-234, уран-238 и радий-226. Самые высокие величины объёмной активности указанных радионуклидов были определены в пробах, отобранных из дренажных вод на данной территории. Радиационная безопасность питьевой воды в Республике Таджикистан определяется по предельно допустимым уровням суммарной объёмной активности альфа- и бета-излучения (природного), приведённым в таблице 2.4.

В случае превышения этих уровней следует провести изучение радионуклидного состава исследуемых проб воды относительно соответствия НРБ. Физиологическая полноценность питьевой воды определяется адекватностью её минерального состава биологическим потребностям организма. Она основана на целесообразности для ряда биогенных элементов учёта не только максимально допустимых, но и минимально необходимых уровней их содержания в воде.

Цель данного раздела работы – провести оценку удельной суммарной альфа- и бета-активности природных радионуклидов в воде источников питьевого водоснабжения степных и нагорных районов Хатлонской области.

Для данного исследования было отобрано 64 пробы воды из источников, использующихся для питьевых нужд населения. Исследованиями было охвачено девять районов Хатлонской области. Вычисления и оценку величин удельных суммарных α - и β -активностей природных радионуклидов проводили в лабора-

тории технических услуг Агентства по химической, биологической, радиационной и ядерной безопасности НАН Таджикистана. Измерение суммарной α - и β -активностей в воде проводили прибором УМФ-2000 производства Российской компании «Доза».

Таблица 2.4 Предельно допустимые уровни суммарной объёмной активности природного альфа- и бета-излучения

№	Наименование показателей	Единицы измерения	Нормативы
1	Общая объёмная активность альфа-излучений	Бк/дм ³	≤ 0.1
2	Общая объёмная активность бета-излучений	Бк/дм ³	≤ 1.0

В Хатлонской области источниками водоснабжения служат горные речки и предгорные родники, а также используются подземные воды и скважины, в которых высокая вероятность содержания природных радионуклидов. Но поскольку подземные воды в области используются, как в горной, так и в степной местности, то содержания в них радионуклидов могут отличаться. Всего за период 2017-2018 гг. из 16 точек Хатлонской области (таблица 2.5) были отобраны 64 пробы воды, из которых 4 пробы, взятые из одной точки, не соответствовали гигиеническим нормативам (рисунок 2.7). Согласно Нормам радиационной безопасности Республики Таджикистан (НРБ-06), в источниках питьевого водоснабжения населения суммарная объёмная активность α -излучений должна находиться в пределах ≤ 0.1 Бк/кг, а суммарная объёмная активность β -излучений - не превышать 1.0 Бк/кг (таблица 2.4).

В Хатлонской области максимальная величина объёмной активности α -излучений в воде от радионуклидов были отмечены в районе Темурмалик, которая составила 0.17 Бк/кг, максимальная величина объёмной активности β -

излучений отмечалась в районе Кубодиён, она составила 0.075 Бк/кг. Превышения в этих случаях отмечались только по удельной альфа-активности воды. Предполагается, что повышение альфа-активности воды происходит за счёт природных радионуклидов, то есть семейства урана-238 и тория-232. Превышений по удельной бета-активности вод не обнаружено.

Таблица 2.5 - Точки отбора проб воды в районах Хатлонской области Республики Таджикистан

№	Точки отбора проб	Описание точки отбора
1	Восе	Скважина
2	Кубодиён-3	Подземная вода
3	Кубодиён-2	Подземная вода
4	Кубодиён-1	Подземная вода
5	Н. Хусрав	Родник
6	Шахритус-1	Подземная вода
7	Шахритус-2	Подземная вода
8	Сари Хосор	Река
9	Темурмалик-2	Скважина
10	Темурмалик-1	Скважина
11	Фархор-1	Скважина
12	Фархор-2	Скважина
13	Хамадони-1	Подземная вода
14	Хамадони-2	Подземная вода
15	Ховалинг	Родник

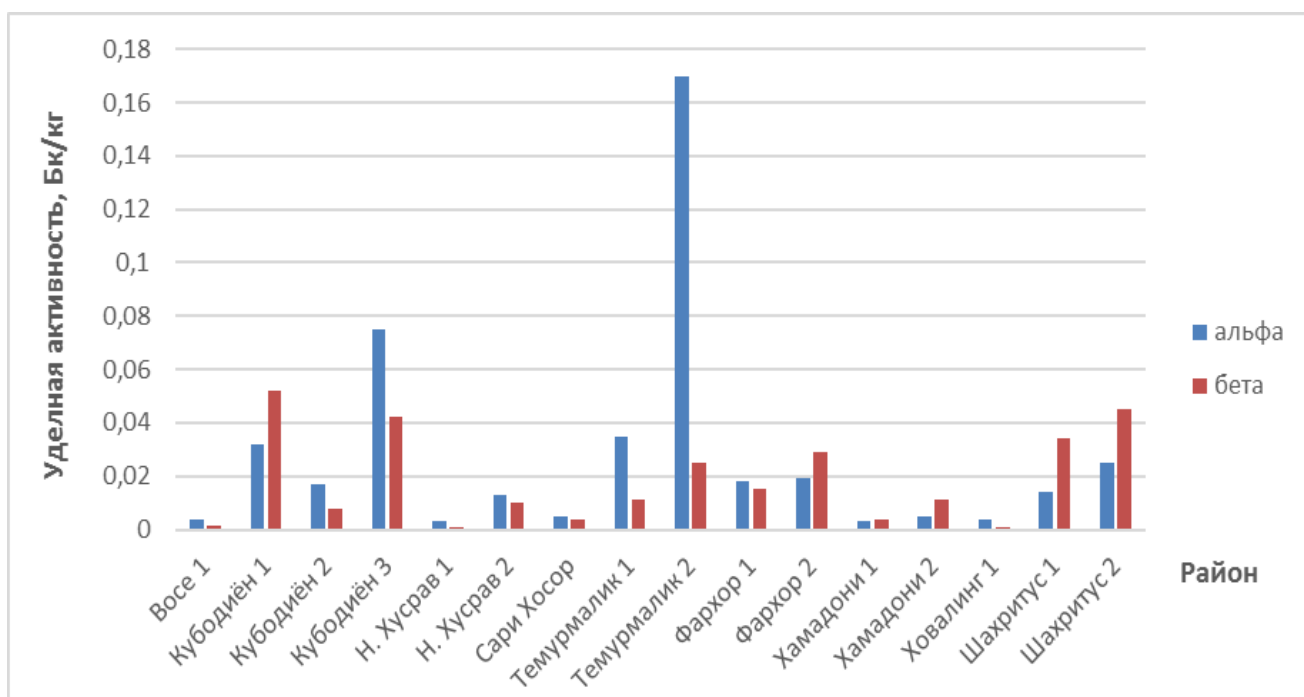


Рисунок 2.7 – Диаграмма удельной суммарной бета-активности (ряд 1) и альфа-активности (ряд 2) в пробах воды из источников водоснабжения Хатлонской области Республики Таджикистан

Высокие дозы облучения населения, получаемые в связи с воздействием радионуклидов обусловлены высокими содержаниями их в воде и, соответственно, высокими значениями удельной α -активности, для снижения данного показателя в воде питьевого назначения необходимо проводить на этих территориях дополнительные радиохимические исследования.

Пробы воды с самыми низкими значениями удельной суммарной альфа- и бета-активности радионуклидов воды отмечались в районах Восе, Хамадони и Ховалинг. Соответственно, районы для исследования выбирались таким образом, чтобы максимально охватить различные географические и климатические зоны, отбор проб проводился в степных зонах, зонах высокогорья, то есть максимально охватывая зональность территории. На основании анализа результатов проб воды питьевого назначения было сделано заключение, что данные исследования необходимо проводить на территории всего северного Таджикистана, где имеются места локального скопления радиоактивных отходов. Кроме того, необ-

ходима нормативно-методическая база, которая бы обеспечивала для населения радиационную безопасность при употреблении людьми питьевой воды, а также разработка регламентирующих документов по нормативам содержания в питьевых водах техногенных и природных радионуклидов, с целью их дальнейшего контроля и снижения рисков от употребления питьевых вод, а также разработка защитных мер по снижению вредного радиологического воздействия на населения от радионуклидов на территории северного Таджикистана.

2.5. Радиационный мониторинг некоторых территорий Таджикистана

2.5.1. Радионуклидный мониторинг ущелья Канаск Вахдатского района Республики Таджикистан

В настоящем подразделе приведены результаты радиационного мониторинга ущелья Канаск Вахдатского района, как из одного наиболее перспективных зон туризма в стране.

Измерение мощности дозы гамма-излучения проводились при помощи приборов ДКС АТ1123 и дозиметра рюкзачного типа ThermoFHT1377 Pack с детекторами гамма- и нейтронного излучения, имеющие свидетельство метрологической аттестации. Пользование различными приборами продиктовано тем, что их порог регистрации радиационного фона, энергетические разрешения, а также ошибки измерения различны. При обследовании использовали карты населенных пунктов.

Выполнены следующие измерения и анализы:

- радиационный мониторинг гамма-излучения местности;
- отбор проб почвы и их радиологический анализ;
- отбор проб и анализ родниковых вод и региональных рек.

Ущелье Канаск расположено в северо-восточной части заповедника Рамит, где высоты над уровнем моря составляют от 1800 до 3000 м. Канаск является горным районом с множеством ручьев и рек. В некоторых частях региона часто наблюдаются лавины, а ледники можно увидеть во всех сезонах года. В 2015 г. в ущелье Канаск началось активное развитие туризма, и с каждым годом в инфраструктуре региона появляются новые объекты и туристические маршруты.

В этом регионе естественный радиационный фон формируется за счёт горных пород, горячих подземных вод, космической радиации и атмосферных выпадений. Измерения мощности гамма-излучения проводились пешим ходом с использованием дозиметров рюкзачного типа со сцинтилляционным детектором (NaI) и нейтронным детектором (He-3), с привязкой к географическим координатам (GPS). Измерения проводились с точки расположения экспедиционного лагеря (38.9425° северной широты, 69.6834° восточной долготы, высота 1854 м) до точки расположения участка Национальной академии наук (39.0789° северной широты, 69.78086° восточной долготы, 2468 м над уровнем моря), а также измерялся фон гамма-излучения в месте расположения горячих источников. Измерения показали, что естественный радиационный фон в районе колеблется от 0.05 до 0.11 мкЗв/ч на нижних склонах и от 0.12 до 0.21 мкЗв/ч на верхних. На поверхности лавин и ледников он снижается до 0.03-0.05 мкЗв/ч. Поток космических нейтронов колеблется от 0.5 до 4.0 нейтронов в секунду. Результаты измерений показали, что радиационный фон в этом районе стабилен и близок к среднему радиационному фону Таджикистана.

Во время экспедиции из различных точек Канаскского ущелья были взяты образцы различных пород, песка и почвы, чтобы определить их радионуклидный состав. Пробы анализировались в Лаборатории технических услуг Агентства на гамма-спектрометре Canberra с детектором из высокочистого германия. Результаты анализа показали, что в пробах содержание природных радионуклидов ураноториевого ряда разное (таблица 2.6). Из искусственных радионуклидов в образцах был обнаружен в незначительных количествах (до 13.4 Бк/кг) изотоп цезия-137, накопившийся дождевыми и атмосферными выпадениями. Скорее всего, эти радионуклиды в атмосфере появились в результате выбросов атомных электростанций, ядерных испытаний (возможно, ядерных испытаний в Китае, Индии и Пакистане в 1990-х годах).

Одним из средств миграции радионуклидов является вода. Радионуклиды менее распространены в поверхностных водах и более распространены в подзем-

ных водах. В ущелье Канаск были взяты пробы воды из горных источников и прудов.

Таблица 2.6 - Значения средней удельной активности радионуклидов в твёрдых породах и почве ущелья Канаск

Радионуклид	Достоверность определения	Средняя удельная активность, Бк/кг	Погрешность, Бк/кг
⁴⁰ K	0.940	5.032616E+002	2.103197E-002
⁵⁴ Mn	0.892	5.463677E-001	7.718300E-005
¹³⁷ Cs	1.000	1.345565E+001	8.194983E-004
²¹⁰ Pb	0.985	8.634422E+001	1.236517E-002
²¹² Pb	0.989	3.296319E+001	1.616989E-003
²¹⁴ Bi	0.734	2.329554E+001	6.620446E-004
²¹⁴ Pb	0.993	2.457204E+001	1.125366E-003
²²⁸ Ac	0.951	3.228974E+001	7.153068E-004
²²⁸ Th	0.766	8.949370E+001	1.008411E-002
²³⁵ U	0.521	3.829632E+000	3.365472E-004
²³⁸ U + dau	0.951	2.206566E+001	2.503089E-003

Отобранные пробы воды были законсервированы и направлены в Лабораторию технических услуг Агентства. Пробы воды были анализированы на приборе УМФ-2000. Результаты анализа показали, что суммарная альфа- и бета-активность радионуклидов в пробах воды не превышает 0.06 и 0.38 Бк/л, соответственно (таблица 2.7).

Радионуклидный мониторинг ущелья Канаск показал, что радиационная обстановка в данной местности является безопасной и близка к среднему радиационному фону страны.

Таблица 2.7 - Значения средней суммарной альфа- и бета-активности радионуклидов в водах ущелье Канаск

№	Проба воды	α -активность, Бк/л	β -активность, Бк/л
1.	Кан 2	0.05	0.245
2.	Кан 3	0.04	0.279
3.	Кан 4	0.06	0.386

2.5.2. Радионуклидный мониторинг ущелья Алмасы Гиссарского района Республики Таджикистан

В настоящем подразделе изучен радиационный мониторинг ущелья Алмасы Гиссарского района.

Измерение мощности дозы гамма-излучения проводились при помощи приборов ДКС АТ1123 и дозиметра рюкзачного типа ThermoFHT1377 Pack с детекторами гамма- и нейтронного излучения, имеющие свидетельство метрологической аттестации. Пользование различными приборами продиктовано тем, что их порог регистрации радиационного фона, энергетические разрешения, а также ошибки измерения различны. При обследовании использовали карты населенных пунктов.

Выполнены следующие измерения и анализы:

- радиационный мониторинг гамма-излучения местности;
- отбор проб почвы и их радиологический анализ;
- отбор проб и анализ родниковых вод и региональных рек.

Ущелье Алмасы (рядом с селом Хонако) расположено в северной части Гиссарского района, с высотами над уровнем моря от 1000 до 2700 м, на территории ущелья располагается заповедник Алмасы. Это горный район, состоящий из одной большой долины. Ледники наблюдаются в верхней части ущелья.

Измерения естественного радиационного фона проводились от точки доступа к ущелью Алмасы (38.5857° северной широты, 68.5603° восточной долготы, высота 926 м) до точки расположения геологической станции (38.8160° северной широты, 68.6055° восточной долготы). Измерения показали, что естественный ра-

диационный фон в районе колеблется от 0.09 до 0.15 мкЗв /ч на нижних склонах и от 0.16 до 0.24 мкЗв/ч на верхних склонах. В некоторых местах уровень радиационного фона повышался до 0.2-0.4 мкЗв/ч из-за присутствия радиоактивных минералов в горных породах (рисунок 2.8). Потоки космических нейтронов колеблются от 0.4 до 3.0 нейтронов в секунду. Радиационный фон был также измерен в селе Хонако, где составлял от 0.08 до 0.14 мкЗв/ч.

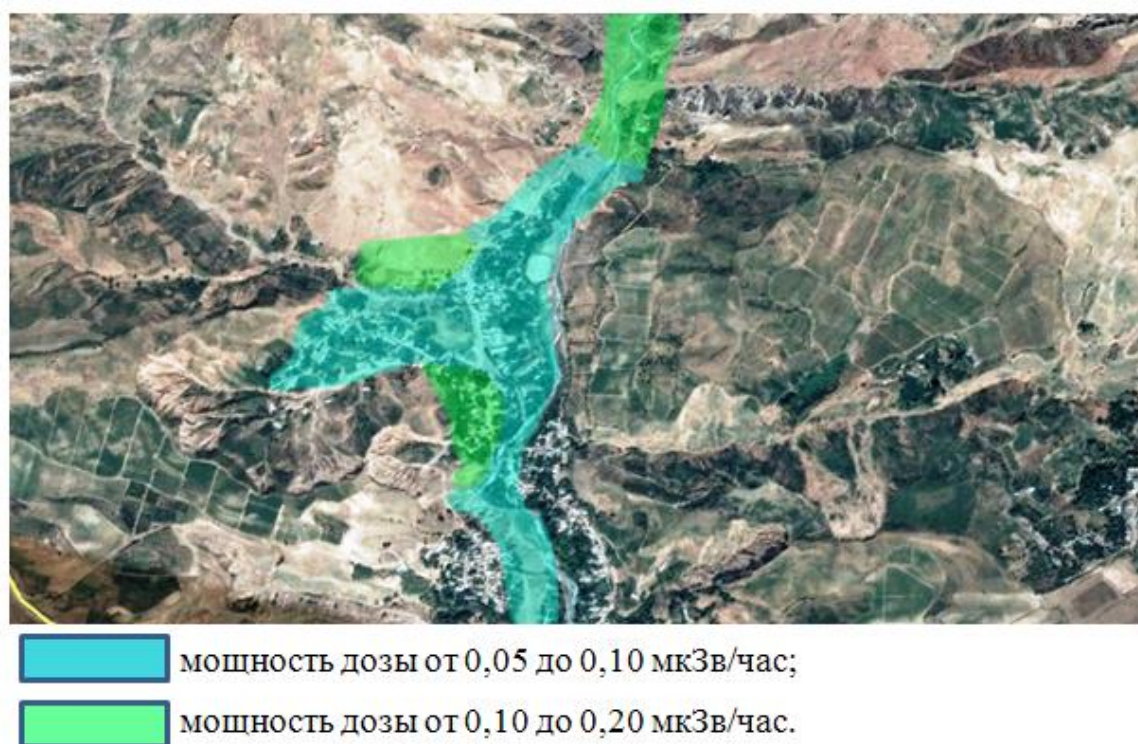


Рисунок 2.8 - Карта мощности дозы гамма-фона села Хонако

В этом регионе также были отобраны образцы твёрдых пород, почвы и воды для радиологического анализа. Результаты анализа показали, что содержание радионуклидов в твёрдых породах и почве значительно выше, чем в других территориях (таблица 2.8). Содержание искусственного радионуклида цезия-137 также выше, чем в других местах. Однако пути его накопления остаются неясными. Одним из средств миграции радионуклидов является вода. Радионуклиды менее распространены в поверхностных водах и более распространены в подземных водах. В ущелье Алмасы были взяты пробы воды из горных источников и прудов. Отобранные пробы воды были законсервированы и направлены в Лабораторию тех-

нических услуг Агентства. Пробы воды были анализированы на приборе УМФ-2000.

Таблица 2.8 - Значения средней удельной активности радионуклидов в твёрдых породах и почве ущелья Алмасы

Радионуклид	Достоверность определения	Средняя удельная активность, Бк/кг	Погрешность, Бк/кг
⁴⁰ K	0.996	5.811359E-001	2.475421E-002
¹³⁷ Cs	0.996	3.606416E-002	2.199984E-003
²¹⁰ Pb	0.987	2.269403E-001	3.247824E-002
²¹² Bi	0.995	3.604028E-002	2.297902E-003
²¹² Pb	0.980	4.905748E-002	2.658188E-003
²¹⁴ Bi	0.989	4.535166E-002	1.161046E-003
²¹⁴ Pb	0.996	4.570726E-002	2.134262E-003
²¹⁹ Rn	0.349	4.663948E-003	2.433111E-003
²²⁶ Ra	1.000	9.876188E-002	9.495231E-003
²²⁷ Ac	0.669	8.195715E+000	1.539397E+000
²²⁸ Ac	0.976	5.212343E-002	1.202337E-003
²²⁸ Th	0.998	1.241337E-001	1.625836E-002
²³⁸ U + dau	0.959	3.533463E-002	4.228302E-003

Результаты анализа показали, что суммарная альфа- и бета-активность радионуклидов в пробах воды не превышают 0.06 и 0.38 Бк/л, соответственно. В таблице 2.9 приведены средние значения удельной активности радионуклидов в пробах воды ущелья Алмасы.

Радионуклидный мониторинг ущелья Алмасы показал, что радиационная обстановка данной местности является безопасной и близка к среднему радиационному фону страны.

Таблица 2.9 - Значения средней суммарной альфа- и бета-активности радионуклидов в водах ущелье Алмасы

Проба воды	α -активность, Бк/л	β -активность, Бк/л
Точка 1	0.09	0.13
Точка 2	0.07	0.10
Точка 3	0.06	0.12

2.5.3. Радионуклидный мониторинг ущелья Камароб Раштского района Республики Таджикистан

В данном подразделе проводится обобщение результатов радиационного мониторинга ущелья Камароб Раштского района.

Измерения мощности дозы гамма-излучения проводились при помощи приборов ДКС АТ1123 и дозиметра рюкзачного типа ThermoFHT1377 Pack с детекторами гамма- и нейтронного излучения, имеющие свидетельство метрологической аттестации. Пользование различными приборами продиктовано тем, что их порог регистрации радиационного фона, энергетические разрешения, а также ошибки измерения различны. При обследовании использовали карты населенных пунктов.

Выполнены следующие измерения и анализы:

- радиационный мониторинг гамма-излучения местности;
- отбор проб почвы и их радиологический анализ;
- отбор проб и анализ родниковых вод и региональных рек.

Ущелье Камароб расположено между горами Каротегин и Кабуджар (Раштский район) вдоль реки Сароб, на высоте около 1300-2000 м над уровнем моря. Ущелье Камароб является одной из крупнейших зон отдыха. Его природа состоит из высоких гор, многочисленных родников, а также долины, в которой представлено большое количество видов лекарственных растений.

Естественный радиационный фон в регионе составлял от 0.08 до 0.15 мкЗв/час, а на склонах - от 0.16 до 0.25 мкЗв/час. Поток космических нейтронов колеблется от 0.5 до 3.0 нейтронов в секунду. Результаты измерений показали,

что радиационный фон в этом районе стабилен и близок к среднему радиационному фону Таджикистана.

В ущелье Камароб были отобраны образцы почв и воды для радиологического анализа. В пробе почвы у подножья горы обнаружено повышенное содержание цезия-137. Содержание радионуклидов в почве и средняя суммарная альфа- и бета-активность радионуклидов в пробах воды приведены в таблице 2.10.

Таблица 2.10 - Значения средней удельной активности радионуклидов в твёрдых породах и почве ущелья Камароб

Радионуклид	Достоверность определения	Средняя удельная активность, Бк/кг	Погрешность, Бк/кг
1	2	3	4
Проба №1			
⁴⁰ K	0.970	6.389484E-001	2.674530E-002
¹³⁷ Cs	0.994	1.469628E-001	8.842883E-003
²¹⁰ Pb	1.000	2.977682E-001	4.268156E-002
²¹² Bi	0.633	2.666163E-002	1.928690E-003
²¹² Pb	0.987	3.023252E-002	1.873498E-003
²¹⁴ Bi	0.924	3.464763E-002	8.429835E-004
²¹⁴ Pb	0.983	3.403948E-002	1.633997E-003
²²⁶ Ra	0.992	7.129336E-002	6.777468E-003
²²⁸ Ac	0.77	3.793633E-002	8.582080E-004
Проба №2			
⁴⁰ K	0.975	6.377377E-001	2.728420E-002
¹³⁷ Cs	0.991	6.191431E-003	4.783624E-004
²¹² Bi	0.812	3.782614E-002	3.028895E-003
²¹² Pb	0.964	4.402974E-002	2.746054E-003
²¹⁴ Bi	0.896	5.042126E-002	1.483774E-003
²¹⁴ Pb	0.961	5.064133E-002	2.439446E-003
²²⁶ Ra	0.991	1.150045E-001	1.094475E-002
²²⁸ Ac	0.723	5.407542E-002	1.354449E-003

Продолжение таблицы 2.10

Проба №3			
1	2	3	4
⁴⁰ K	0.972	7.770203E-001	3.244799E-002
¹³⁷ Cs	0.993	6.014161E-003	3.837518E-004
²¹⁰ Pb	1.000	7.450141E-002	1.093506E-002
²¹² Bi	0.845	3.603480E-002	2.178396E-003
²¹² Pb	0.987	4.601595E-002	2.916007E-003
²¹⁴ Bi	0.939	8.290605E-002	1.456831E-003
²¹⁴ Pb	0.997	7.986896E-002	3.644998E-003
²²⁶ Ra	0.991	1.776383E-001	1.569982E-002
²²⁸ Ac	0.977	5.597775E-002	1.136291E-003
Проба №4			
⁴⁰ K	0.971	8.060388E-001	3.419187E-002
¹³⁷ Cs	0.991	1.850395E-002	1.176856E-003
²¹² Bi	0.813	2.866031E-002	2.710391E-003
²¹² Pb	0.839	4.241770E-002	2.591120E-003
²¹⁴ Bi	0.866	3.533732E-002	1.200020E-003
²¹⁴ Pb	0.883	3.867001E-002	1.862805E-003
²²⁶ Ra	0.990	8.355130E-002	8.381560E-003
²²⁸ Ac	0.726	4.704370E-002	1.232525E-003

Одним из средств миграции радионуклидов является вода. Радионуклиды менее распространены в поверхностных водах и более распространены в подземных водах. В ущелье Камароб были взяты пробы воды из горных источников и прудов. Отобранные пробы воды были законсервированы и направлены в Лабораторию технических услуг Агентства. Пробы воды были анализированы на приборе УМФ-2000. Результаты анализа показали, что суммарная альфа- и бета-

активность радионуклидов в пробах воды не превышают 0.06 и 0.38 Бк/л, соответственно (таблица 2.11).

Таблица 2.11 - Значения средней суммарной альфа- и бета-активности радионуклидов в воде региона Камароб

Проба воды	α -активность, Бк/л	β -активность, Бк/л
1.	0.015	0.065
2.	0.024	0.086
3.	0.019	0.074
4.	0.021	0.088
5.	0.017	0.061
6.	0.026	0.089
7.	0.022	0.078
8.	0.018	0.073
9.	0.021	0.088
10.	0.017	0.061
11.	0.026	0.089

Радионуклидный мониторинг ущелья Камароб показал, что радиационная обстановка данной местности является безопасной и близка среднему радиационному фону страны.

2.5.4. Радионуклидный мониторинг озера Искандеркуль и его окрестностей

Основная задача радиоэкологической группы экспедиции - изучение данного региона с точки зрения радиационной безопасности и радиоэкологического мониторинга. Группа поставила перед собой следующие задачи:

- мониторинг гамма-радиационного фона региона;
- отбор проб почвы для радиологического анализа;
- отбор проб воды из рек и озёр.

Озеро Искадеркуль расположено в юго-западной части Айнинского района, где высоты над уровнем моря составляют от 2000 до 3000 м. Озеро Искадеркуль расположено между горами и питается несколькими реками. Летом лавин и ледников не наблюдается.

Радиационный гамма-фон местности. Естественный радиационный фон в этом регионе формируют горные руды, вода источников и рек, само озеро, космические лучи и атмосферные выпадения. Специалисты Агентства использовали современные приборы для измерения гамма-фона от точки въезда в сторону озера Искадеркуль до села Саритог (точка входа в район, месторождение TALCO Gold), а также в районе озера Искадеркуль (рисунки 2.9, 2.10).

Измерения показали, что естественный радиационный фон в этом районе колеблется от 0.04 до 0.05 мкЗв / ч в предгорьях и от 0.06 до 0.08 мкЗв/ч в долине. Поток космических нейтронов составляет от 2 до 4 нейтронов в секунду. Результаты измерений показали, что радиационный фон в этом регионе стабильный и ниже среднего радиационного фона Таджикистана.

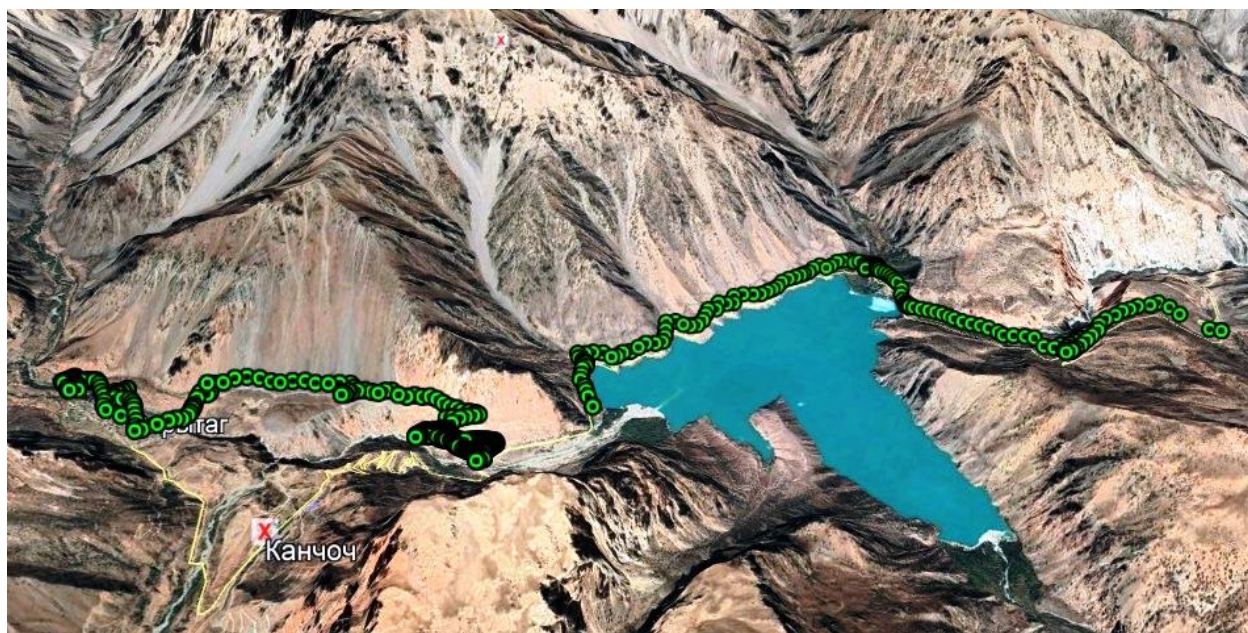


Рисунок 2.9 – Точки измерения гамма-излучения в Искадеркульском регионе



Рисунок 2.10 – Точки измерения гамма-излучения в селе Сарытаг

Грунт и почва. В ходе экспедиции были взяты пробы почвы из различных точек Искандеркульского региона для определения содержания в них радионуклидов. Точки отбора проб почвы показаны на рисунке 2.11 и таблице 2.12.



Рисунок 2.11 – Точки отбора проб почвы в Искандеркульском регионе

Таблица 2.12 - Точки отбора проб почвы Искандеркульского региона

№	Точка	Широта	Долгота	Высота, м
6.	ХИ1	39.05599°	68.34695°	2205
	ХИ2	39.05734°	68.34631°	2205
8.	ХИ3	39.04555°	68.33373°	2399

Образцы были проанализированы на гамма-спектрометре в Лаборатории технических услуг Агентства. Результаты анализа показали, что образцы содержат значимое количество естественных радионуклидов. В образцах были обнаружены искусственные радионуклиды в очень малых количествах – это цезий-137, что связано с выпадением этого радионуклида из атмосферы дождем и пылью. Средние значения удельной активности радионуклидов в пробах почвы приведены в таблице 2.13.

Таблица 2.13 - Средняя удельная активность радионуклидов в пробах почвы Искандеркульского региона

Радионуклид	Достоверность идентификации	Удельная средняя активность, кБк/кг	Погрешность, %
1	2	3	4
Проба ХИ01			
⁴⁰ K	0.924	4.744856E-001	1.982181E-002
¹³⁷ Cs	0.999	7.862812E-003	4.835419E-004
²¹⁰ Pb	1.000	3.217279E-002	4.839426E-003
²¹² Bi	0.665	1.885922E-002	1.272973E-003
²¹² Pb	0.987	2.578299E-002	1.422906E-003
²¹⁴ Bi	0.729	2.731163E-002	6.559589E-004
²¹⁴ Pb	0.999	2.629735E-002	1.225890E-003
²²⁶ Ra	0.995	5.896422E-002	5.390052E-003
²²⁷ Ac	0.663	3.146291E+000	5.833592E-001
²²⁸ Ac	0.951	2.932408E-002	6.379512E-004
²²⁸ Th	0.759	7.118498E-002	8.252723E-003
²³⁸ U + dau	0.987	1.933618E-002	2.108029E-003

Проба ХИ02			
1	2	3	4
⁴⁰ K	0.953	5.425144E-001	2.268495E-002
¹³⁷ Cs	0.997	7.384801E-003	4.572609E-004
²¹⁰ Pb	1.000	3.051341E-002	4.642951E-003
²¹² Bi	0.832	2.060349E-002	1.340625E-003
²¹² Pb	0.987	2.775893E-002	1.609646E-003
²¹⁴ Bi	0.730	3.244621E-002	8.520782E-004
²¹⁴ Pb	0.999	3.150848E-002	1.480069E-003
²²⁶ Ra	0.994	4.195002E-002	9.717823E-003
²²⁸ Ac	0.982	3.273144E-002	6.850172E-004
²²⁸ Th	0.988	7.892063E-002	9.191205E-003
²³⁵ U	0.738	1.568205E-003	4.565537E-004
²³⁸ U + dau	0.986	1.664481E-002	2.074826E-003
Проба ХИ03			
⁴⁰ K	0.944	5.685685E-001	2.478664E-002
¹³⁷ Cs	0.998	1.327031E-002	8.867566E-004
²¹⁰ Pb	1.000	6.652201E-002	1.045521E-002
²¹² Bi	1.000	2.271738E-002	2.247247E-003
²¹² Pb	1.000	3.531017E-002	1.900573E-003
²¹⁴ Bi	0.591	2.455599E-002	1.350759E-003
²¹⁴ Pb	0.986	2.526281E-002	1.264062E-003
²²⁸ Ac	0.821	3.600791E-002	1.070966E-003

Озёра и реки. Ещё один способ миграции радионуклидов - через воду. Радионуклиды реже встречаются в поверхностных водах и более распространены в подземных водах. Озеро Искандеркуль получает воду из рек и источников в посёлках Саритог, Сарима и Пандчашма, и из этих источников были взяты пробы.

Одновременно были взяты пробы воды из озера Искандеркуль и реки Фон. Точки отбора проб воды показаны на рисунке 2.11 и в таблице 2.14. Образцы были проанализированы на гамма-спектрометре в Лаборатории технических услуг Агентства. Результаты анализа показали, что в пробах содержится небольшое количество естественных радионуклидов, и воды пригодны для питья и орошения. Средние значения удельной активности радионуклидов в пробах воды приведены в таблице 2.15.



Рисунок 2.12 – Точки отбора проб воды из рек и источников в пос. Сарытог, Сарима, Пандчашма и из озера Искандеркуль

Таблица 2.14 - Точки отбора проб воды из рек и источников в пос. Саритог, Сарима, Пандчашма и из озера Искандеркуль

№	Точка	Широта	Долгота	Высота, м над ур. Моря
1.	И1 - (низовье Саритог – поступление в озеро)	39.05599°	68.34695°	2205
2.	И2 – Пандчашма	39.06392°	68.35173°	2213
3.	И3 – Саритог, верхний уровень	39.04555°	68.33373°	2399
4.	И4 - Озеро Искандеркуль	39.08411°	68.36787°	2211
5.	И5 - Сарима (поступление в озеро)	39.08566°	68.36982°	2215
6.	И6 - Фон (выход из озеро)	39.08158°	68.38503°	2190

Таблица 2.15 - Средние значения суммарной удельной активности альфа- и бета-радионуклидов в пробах воды из рек и источников в пос. Саритог, Сарима, Пандчашма и озера Искандеркуль

№	Проба	α -активность, Бк/л	β -активность, Бк/л
1.	И1	0.001	0.006
2.	И2	0.006	0.005
3.	И3	0.005	0.008
4.	И4	0.001	0.006
5.	И5	0.001	0.002
6.	И6	0.002	0.004

2.5.5. Сравнительный анализ радиозэкологической ситуации в некоторых регионах Таджикистана

В зависимости от разнообразия рельефа местности, геологических пород и высоты над уровнем моря, природный радиационный фон также меняется. Для

изучения изменения природного радиационного фона в различных условиях в 2018 и 2019 годах Агентство по химической, биологической, радиационной и ядерной безопасности НАН Таджикистана организовало несколько экспедиций в отдельные регионы Таджикистана. Основной целью экспедиционной группы было изучение региона с точки зрения радиационной безопасности и радиоэкологического мониторинга. Эта группа имела следующие задачи:

- радиационный мониторинг гамма-излучения в местности;
- отбор проб почвы для радиологического анализа;
- отбор проб родниковых вод и региональных рек.

Для проведения сравнительного анализа были использованы результаты радиационного мониторинга регионов Канаск, Хонако, Сари Хосор и Камароб.

Ущелье Канаск расположено на северо-восточной части заповедника Рамит, где высоты над уровнем моря составляли от 1800 до 3000 м. В этом регионе естественный радиационный фон формируется за счёт горных пород, горячих подземных вод, космической радиации и атмосферного выпадения. Измерение мощности гамма-излучения проводились пешим ходом с использованием дозиметров рюкзачного типа со сцинтилляционным детектором (NaI) и нейтронным детектором (He-3), с привязкой к географическим координатам (GPS). Измерения проводились от точки расположения экспедиционного лагеря (38.9425179304° северной широты, 69.6834435106° восточной долготы, высота 1854 м) до точки расположения участка Академии наук (39.0789092126° северной широты, 69.7808622316° восточной долготы, 2468 м над уровнем моря), а также измерялся фон гамма-излучения в месте расположения горячих источников. Естественный радиационный фон в районе составил 0.05-0.11 мкЗв/ч на нижних склонах и 0.12-0.21 мкЗв/ч на верхних склонах, на вершинах лавин и ледников - 0.03-0.05 мкЗв/ч. Поток космических нейтронов колеблется от 0.5 до 4.0 нейтронов в секунду, то есть радиационный фон в этом районе стабилен и близок к среднему радиационному фону Таджикистана.

Во время экспедиции из различных точек Канаскского региона были взяты различные образцы породы, песка и почвы, чтобы определить их радионуклидный

состав. Пробы анализировались в Лаборатории технических услуг Агентства на гамма-спектрометре с детектором из высокочистого германия. Результаты анализа показали, что в пробах содержание природных радионуклидов уран-ториевого ряда разное. Из искусственных радионуклидов в образцах был обнаружен в незначительных количествах (до 13.4 Бк/кг) изотоп цезия-137, накопившийся дождевыми и атмосферными выпадениями. Скорее всего, эти радионуклиды в атмосфере появились в результате выбросов атомных электростанций, ядерных испытаний (возможно, ядерных испытаний в Китае, Индии и Пакистане в 1990-х годах), а также ядерных и радиологических аварий на Чернобыльской АЭС (Украина, 1986 г.) и Фукусимы (Япония, 2011 г.), которые несколько раз обошли земной шар и осаждались в разных высотных зонах.

Одним из средств миграции радионуклидов является вода. Радионуклиды менее распространены в поверхностных водах и более распространены в подземных водах. В ущелье Канаск были взяты пробы воды из горных источников и прудов. Отобранные пробы воды были законсервированы и направлены в Лабораторию технических услуг Агентства. Результаты анализа показали, что суммарная альфа- и бета-активность радионуклидов в пробах воды не превышают 0.06 Бк/л и 0.38 Бк/л, соответственно.

Хонако. Ущелье Алмасы (село Хонако) расположено в северной части Гиссарского района, в заповеднике Алмасы, где высоты над уровнем моря составляют от 1000 до 2700 м. Это горный район и состоит из одной большой долины. Ледники наблюдаются в верхней части ущелья.

Измерение естественного радиационного фона проводились от точки доступа к ущелью Алмасы (38.585742° северной широты, 68.560369° восточной долготы, высота 926 м) до точки расположения геологической станции (38.816077° северной широты, 68.6055° северной широты). Измерения показали, что естественный радиационный фон в районе колеблется от 0.09 до 0.15 мкЗв/ч на нижних склонах и от 0.16 до 0.24 мкЗв/ч на высоких склонах. В некоторых местах уровень радиационного фона повышался до 0.2-0.4 мкЗв/ч из-за присутствия радиоактивных минералов в горных породах. Потoki космических нейтронов колеблются от

0.4 до 3.0 нейтронов в секунду. Радиационный фон был также измерен в селе Хонако, где составлял от 0.08 до 0.14 мкЗв/ч.

В этом регионе также были отобраны образцы твёрдых пород, почвы и воды для радиологического анализа. Результаты анализа показали, что содержание радионуклидов в твёрдых породах и почве значительно выше, чем в других местах. Содержание искусственного радионуклида цезия-137 также выше, чем в других местах.

Камароб. Ущелье Камароб лежит между горами Каротегин и Кабуджар (Раштский район) вдоль реки Сароб, на высоте около 1300-2000 м над уровнем моря. Естественный радиационный фон в регионе составлял от 0.08 до 0.15 мкЗв/час, а на склонах - от 0.16 до 0.25 мкЗв/час. Поток космических нейтронов колеблется от 0.5 до 3.0 нейтронов в секунду. Результаты измерений показали, что радиационный фон в этом районе стабилен и близок к среднему радиационному фону Таджикистана.

В ущелье Камароб были отобраны образцы почв и воды для радиологического анализа.

Сари Хосор. Зона Сари Хосор (Балджуванский район Хатлонской области) расположена на Вахшском хребте в верховьях реки Сурхоб, примерно на 1200-1600 метрах над уровнем моря. Сари Хосор - это регион с большими рекреационными ресурсами, который включает в себя уникальные исторические и природные объекты, особенно уникальными являются водопады этого региона.

В этом регионе естественный радиационный фон составляет от 0.05 до 0.18 мкЗв/ч. Поток космических нейтронов колеблется от 0.3 до 2.0 нейтронов в секунду. Радиационный фон в этом районе также близок к среднему радиационному фону Таджикистана.

Земли этого региона в основном почвенные и пригодны для выращивания сельскохозяйственной продукции и озеленения. В регионе Сари Хосор для анализа радионуклидов были взяты образцы пахотных почв и засушливых почв горных хребтов.

В регионе Сари Хосор были взяты пробы воды из рек Чашмаи Гугирд и Шингдара. Результаты анализа показали, что в пробах природные радионуклиды присутствуют в очень малых количествах и воды этих рек пригодны для питья и орошения.

Сравнительный анализ указанных регионов Таджикистана проводили по нескольким показателям, в частности, по мощности дозы гамма-фона и потока нейтронного излучения (таблица 2.16), средней удельной активности радионуклидов в почве (таблица 2.17) и средней суммарной альфа- и бета-активности радионуклидов в воде (таблица 2.18).

Таблица 2.16 - Значения мощности дозы гамма-фона и потока нейтронного излучения в некоторых регионах Таджикистана

	Канаск, Рамит	Хонако, ущелье Алмасы	Сари Хосор	Камароб, Рашт
Радиационный гамма-фон, мкЗв/час	0.05-0.21	0.09-0.24	0.05-0.18	0.08-0.25
Нейтронное излучение, н/сек	0.5-4.0	0.4-3.0	0.3-2.0	0.5-3.0
Высота, м	1800-3000	900-2700	1200-1600	1300-2000

Кроме того, на рисунках 2.13-2.15 приводятся диаграммы сравнения радиационного фона некоторых регионов Таджикистана, распределения радионуклидов в почвах и суммарной альфа- и бета-удельной активности в питьевых водах некоторых регионов Таджикистана.

Таблица 2.17 - Средние удельные активности радионуклидов, определенные в почвах отдельных регионов Таджикистана

Средняя удельная активность радионуклидов в почве, Бк/кг				
Радионуклид	Регионы			
	Канаск	Хонако	Сари Хосор	Камароб
^{40}K	500	581	473	660-810
^{226}Ra	22.1	98.7	17.5	71-177
$^{228}\text{Ac}/^{232}\text{Th}$	32.3	52.1	29	38-54
^{235}U	3.83	3.2	2.2	<1
^{238}U	22.1	35.3	21.7	<10
^{137}Cs	13.4	36	50.3	18-140

Таблица 2.18 - Значения средней суммарной альфа- и бета-активности радионуклидов в воде некоторых регионах Таджикистана (Бк/л)

	Канаск	Хонако	Сари Хосор	Камароб
Альфа-активность	0.03-0.06	0.06-0.09	0.02-0.04	0.02-0.04
Бета-активность	0.24-0.38	0.10-0.13	0.15-0.35	0.09-0.12

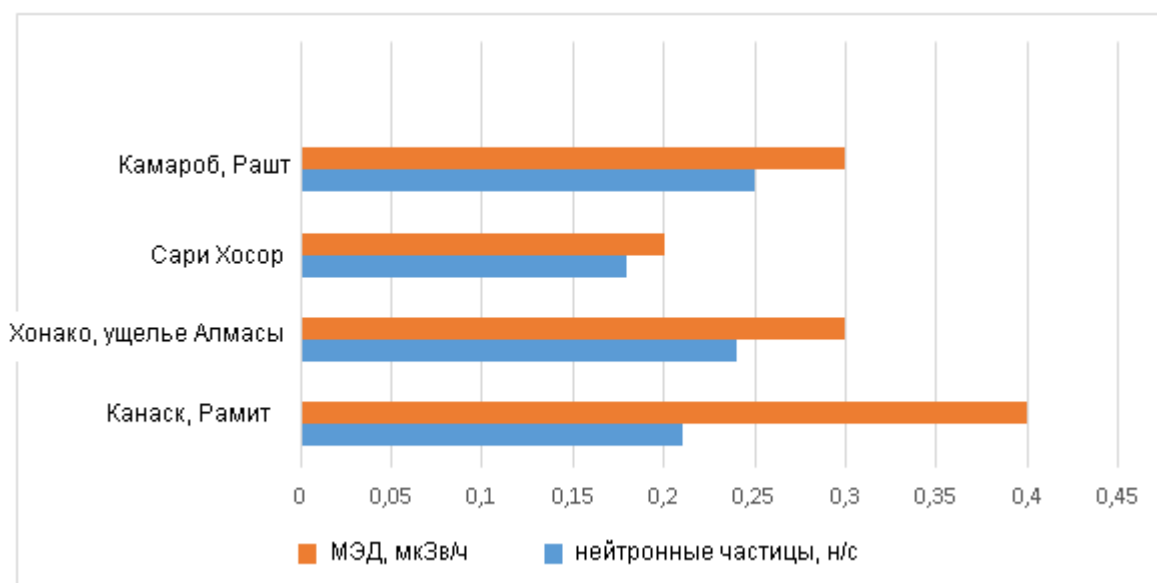


Рисунок 2.13 – Радиационный фон некоторых регионов Таджикистана

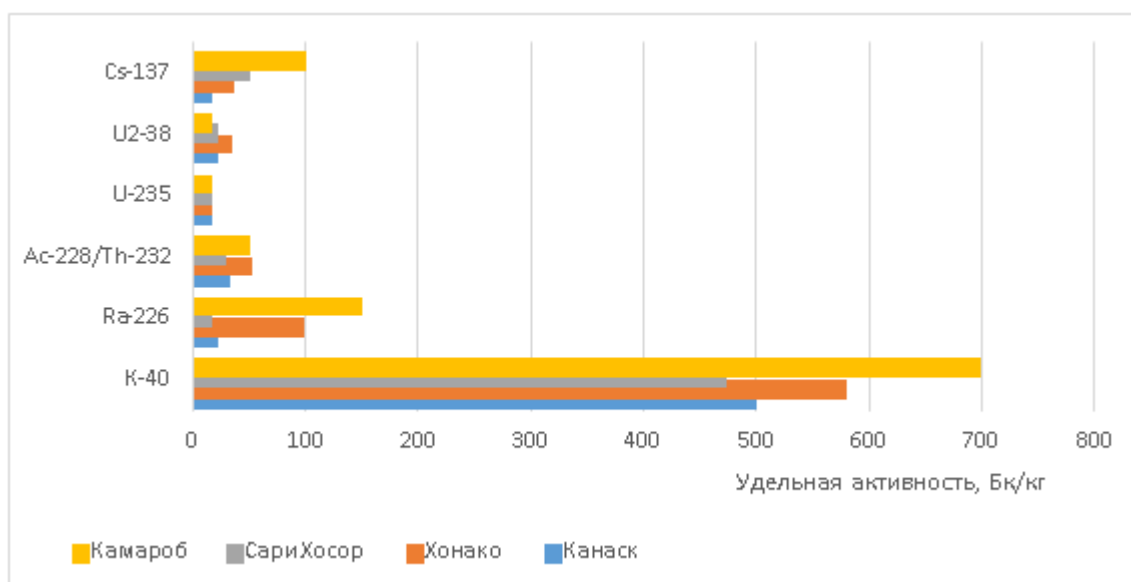


Рисунок 2.14 – Диаграмма распределения радионуклидов в почвах некоторых регионов Таджикистана

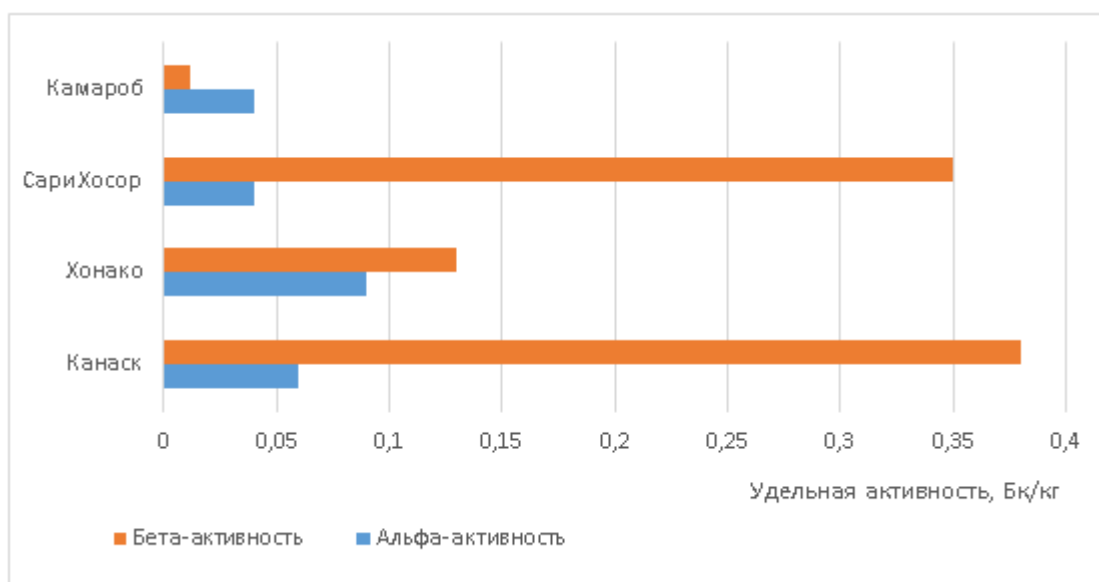


Рисунок 2.15 – Диаграмма суммарной альфа- и бета-удельной активности в питьевых водах некоторых регионов Таджикистана

В сравниваемых регионах относительно высоким радиационным фоном обладает ущелья Канаск Ромитского района, а по радионуклидным значениям ущелья Камароб Раштского района.

ГЛАВА 3. РАДОНОВЫЙ МОНИТОРИНГ РЕГИОНОВ ТАДЖИКИСТАНА

3.1. Исследования содержания радона в атмосферном воздухе и в жилых помещениях города Душанбе Республики Таджикистан

Все люди на планете в течение своей жизни испытывают на себе влияние ионизирующего облучения, которое исходит как от естественных источников, так и антропогенных. Ежегодная доза каждого человека является суммой нескольких облучений, так, от естественного фона земли человек получает 22% от суммарной дозы, от медицинских процедур и лечения с применением радиологического оборудования - 34%, от продуктов распада радона – 43%.

Образование радиоактивного газа радона происходит при распаде радиоактивных химических элементов, присутствующих в земной коре в виде различных минералов и руд, это торий-232, радий-226 и уран-238. Радон, как и его “родители”, это α -излучатель. При распаде тория-232, радия-226 и урана-238 происходит образование помимо радона целого ряда α -излучателей, все они являются дочерними продуктами распада (ДПР). Кроме того, ДПР представляют значительно большую угрозу по сравнению с радоном, поскольку это твёрдые вещества с сильными излучающими способностями. Все известные изотопы радона также являются радиоактивными, но их распад происходит также быстро. Основное поступление радона в атмосферный воздух происходит его эксхалацией из земных пород. Поступление радона в атмосферный воздух помещений происходит различными способами: это проникновение его из земных недр; освобождение из различных строительных материалов (из цемента, щебня, кирпича, керамзита и др.), получение радона с питьевой водопроводной водой; из бытового газа и других продуктов жизнеобеспечения. Проникновение радона в помещения осуществляется через проницаемые зоны земной коры. Концентрации радона в воздухе помещений зависят от его концентрации в почвенном слое и приземных грунтах, от их способностей к эманации, от климатических характеристик местности, от конструкции зданий, строения их вентиляционных систем, а также от

быстроты воздухообмена в помещениях. Потоки радона и его концентрации являются неравномерными, их изменение также зависит от множества факторов в различных местностях и различных видах зданий. Концентрация радона в помещениях также зависит от строительных материалов, образование больших концентраций радона в помещениях зависит от способности регенерации радона при определённых содержаниях в стройматериалах радиоактивных элементов – урана и тория. Некоторые разновидности цеолитных цементов, глины, керамзиты и шлаки, из которых создаются бетонные конструкции, могут быть особенно опасными.

Уровни рисков по концентрации радона в строящихся зданиях должны контролироваться с помощью специальных приборов - радонометров. Кроме того, радон имеет хорошую растворимость в воде, соответственно, во всех природных источниках он находится в различных концентрациях. Из воды радон может попадать в атмосферный воздух зданий через эксхалацию с дальнейшим попаданием в атмосферу. Уровни содержания радона и дочерних продуктов распада (ДПР) в атмосферном воздухе зданий и помещений в значительной степени определяются их искусственной и естественной вентиляцией, а также прочностью окон, дверных проёмов и половых покрытий, вентиляционных каналов, частотой проветривания зданий и помещений и др. факторами. Так, в частности, в холодные периоды года в жилых помещениях отмечаются самые максимальные содержания радона, что связано с установками вторых оконных рам, низкой частотой проветривания, тщательной заделкой оконных рам от поступления холодного воздуха извне. Кроме того, различные содержания радона могут выявляться в идентичных помещениях, если жильцы, проживающие в них, ведут различный образ жизни (как уже отмечалось – проветривание помещения, использование различного количества воды, газа и др.).

Известным способом, снижающим радоновый риск в зданиях и помещениях, в которых находятся люди, является правильная вентиляция. Согласно анализу измерений для радона его объёмной активности радона при вентиляционном

обмене воздуха в помещениях, даже однократное проветривание воздуха в течение одного часа снижает содержание радона в помещении на два порядка.

В Республике Таджикистан, согласно “Нормам радиационной безопасности” (НРБ-06), для радона установлены следующие контрольные уровни: для недавно построенных зданий ≤ 100 Бк/м³, для уже ранее заселённых зданий ≤ 200 Бк/м³.

Интегрированный способ измерения в помещениях и зданиях содержания радона, который позволяет определять средние концентрации радона в течение длительного периода времени (в течение недели или в течение месяца), позволяет получать надёжные результаты, на основании которых далее рассчитывают дозовые нагрузки на людей от поступления радона.

Наиболее используемым в практике интегрированным способом можно назвать способ измерения радона трековыми детекторами. Его основное преимущество по сравнению с другими способами – это возможность одновременного применения большого количества детекторов, а затем их централизованной обработки.

На основании вышесказанного, в г. Душанбе атмосферный воздух и помещения зданий на содержание в них радона исследовался с помощью трековых детекторов, затем на основании показаний детекторов рассчитывали объёмную активность Rn-222. Измерения были проведены экспонированием трековых детекторов радона “PD” (для определения радона в атмосферном воздухе) и “LD” (для определения радона в воздухе помещений) фирмы “ALTRAC” – Messstelle zur Bestimmung der Radonkonzentration.

В г. Душанбе были экспонированы 18 трековых детекторов в 12 точках. Экспонирование проводилось в течение летнего периода (3.5 месяца). Затем детекторы для определения содержания радона были направлены на завод-изготовитель. При установке детекторов на точках для точности расчётов содержания радона было измерено большое количество показаний, которые включали: измерение радиационного фона, размеров комнат, типов комнаты, частоту про-

ветривания, какой этаж, какие строительные материалы использовали при строительстве, состав почвы под зданием и др.

Согласно полученным результатам, было проведён обобщающий анализ объёмных активностей радона (ОАР) в различных точках г. Душанбе, результаты анализа приводятся в таблицах 3.1 и 3.2.

Как видно из полученных результатов, в помещениях зданий г. Душанбе нет превышений существующих нормативных значений ЭОАР, оцениваемых в 200 Бк/м³ для уже используемых зданий, а концентрации радона в этих зданиях колеблются в диапазоне 36-270 Бк/м³, за исключением RN02 и RN03, которые были установлены в подвалах, где отсутствовала вентиляция воздуха. Соответственно, можно утверждать, что отсутствие вентиляционного режима в помещениях вызывает увеличение концентрации в них радона.

Таким образом, согласно данным таблицы 3.2, можно сделать вывод, что в атмосферном воздухе помещений г. Душанбе концентрации радона в среднем колеблются в диапазоне от 40 до 50 Бк/м³.

Таким образом, на основании проведённых измерений концентраций радона в помещениях и зданиях г. Душанбе были сделаны следующие выводы:

1. В летний период ни одно из обследованных хорошо проветриваемых помещений не выявило превышения имеющихся нормативных значений для ЭОАР (≤ 200 Бк/м³) для эксплуатируемых помещений и зданий.

2. Возможно, что содержание радона в атмосферном воздухе помещений в некоторых местах может увеличиваться осенью и зимой за счёт недостаточного вентилирования помещений.

Соответственно, для профилактики снижения содержания радона в помещениях необходимо рекомендовать проветривание помещений, как обязательные периодические меры снижения риска радоноопасности.

Таблица 3.1 – Содержание радона (величины объёмной активности) в воздушной среде помещений г. Душанбе

№	Номер трека	Точка установки детектора		Радиационный фон, мкЗв/час	Дата установки детекторов	Дата сборки детекторов	Время экспозиции, час	Средняя концентрация (объёмная активность) радона в воздухе помещений, Бк/м ³
		Широта	долгота					
1.	RN01	38.559124°	68.763947°	0,14	28.04.16	15.08.16	2616	74
2.	RN02	38.557673°	68.857089°	0,16	28.04.16	15.08.16	2616	250
3.	RN03	38.557673°	68.857089°	0,15	28.04.16	15.08.16	2616	270
4.	RN04	38.579955°	68.737733°	0,14	28.04.16	15.08.16	2616	36
5.	RN05	38.587521°	68.735428°	0,15	28.04.16	15.08.16	2616	44
6.	RN06	38.508283°	68.731283°	0,15	28.04.16	15.08.16	2616	38
7.	RN07	38.604710°	68.790630°	0,16	28.04.16	15.08.16	2616	110
8.	RN08	38.597096°	68.782022°	0,15	28.04.16	15.08.16	2616	38
9.	RN09	38.569592°	68.796984°	0,14	28.04.16	15.08.16	2616	41
10.	RN10	38.552729°	68.748758°	0,12	28.04.16	15.08.16	2616	110
11.	RN11	38.559330°	68.844913°	0,16	28.04.16	15.08.16	2616	110
12.	RN12	38.563601°	68.800160°	0,14	28.04.16	15.08.16	2616	61

Примечание: Типичная погрешность измерения менее 25%.

Таблица 3.2 - Концентрация объёмной активности радона в атмосферном воздухе г. Душанбе

№	Номер трека	Точка установки детектора		Радиационный фон, мкЗв/час	Дата установки детекторов	Дата сбора детекторов	Время экспозиции, час	Средняя концентрация ОА радона в воздухе, Бк/м ³
		Широта	долгота					
1.	RNO-01	38.559526°	68.764849°	150	28.04.16	15.08.16	2616	15
2.	RNO-02	38.557463°	68.856932°	160	28.04.16	15.08.16	2616	27
3.	RNO-03	38.604483°	68.790652°	150	28.04.16	15.08.16	2616	74
4.	RNO-04	38.506446°	68.731859°	160	28.04.16	15.08.16	2616	50
5.	RNO-05	38.596948°	68.782125°	150	28.04.16	15.08.16	2616	42
6.	RNO-06	38.558897°	68.844904°	150	28.04.16	15.08.16	2616	58
<i>Примечание:</i> Типичная погрешность измерения менее 25%.								

3.2. Изучение уровней содержания радона в зданиях дошкольных и школьных учреждений г. Душанбе Республики Таджикистан

Вклад облучения от радона в общей дозе облучения населения равен от 50 процентов и более. Взаимосвязь между облучением от радона в помещениях и раком лёгких в настоящее время является доказанной, соответственно, доказано, что радон является вторым по величине фактором риска, провоцирующим рак лёгких после курения. Учитывая это обстоятельство, снижение радоноопасности для населения, а также облучение дочерними продуктами распада радона выделяется в качестве одной из приоритетных научно-практических задач, которую в настоящее время необходимо решать не только с радиологической точки зрения, но и как приоритетный аспект здравоохранения населения страны.

Дети составляют критическую группу населения в отношении воздействия радона. Вот почему во многих странах облучение радоном детей и подростков выделено в отдельный аспект радиологии.

В настоящем диссертационном исследовании приводятся основные результаты исследований уровней радона в дошкольных и школьных учреждениях города Душанбе.

Возникновение в помещениях зданий радиационного фона (РФП) происходит вследствие воздействия космических и земных излучений, которые воздействуют на людей постоянно, если они находятся внутри помещений и зданий. Формирование РФП происходит за счёт изменения радиационного фона от естественных и техногенных источников; в основном радиационный фон в помещениях и зданиях складывается из активностей радия-226, тория-232 и калия-40, которые являются тремя основными естественными долгоживущими радионуклидами, вклад в облучение также вносит здесь цезий-137, техногенный излучатель, присутствующий в строительных материалах, кроме того, в воздухе помещений присутствуют активные излучатели – изотопы радона и его дочерних продуктов распада, с периодом полураспада ($T_{1/2}$) менее четырёх суток. Радиационный фон и его составляющие во многом зависят от человеческой деятельности. В первую очередь, это связано с расположением строительных площадок, строительными

материалами и их радиационными характеристиками, конструкторскими и проектными решениями для строительства каждого отдельного здания.

Проведённые исследования опровергают сложившийся стереотип о том, что содержания радона значительно выше на нижних этажах и в подвалах зданий, чем на верхних этажах.

В этом подразделе рассматриваются результаты, полученные при изучении в помещениях дошкольных и школьных учреждений г. Душанбе вклада радона в радиационный фон, изучение влияния различных факторов на распределение радона в рассматриваемых детских учреждениях, а также анализ вычисленных среднегодовых индивидуальных эффективных доз облучения от радона и дочерних продуктов его распада.

Чтобы решить поставленные задачи, было выполнено следующее:

- выбраны соответствующие объекты, в которых устанавливались и затем собирались экспозиметры;
- проводилась обработка и анализ полученных результатов, вычислялись дозы облучения в зависимости от условий помещений и зданий;
- проводилось определение радоноопасности территорий с учётом геологии грунта;
- разработка рекомендаций по снижению уровней облучения от поступления в помещения радона и его дочерних продуктов распада;
- использование полученных данных для составления радоновой карты города Душанбе.

Концентрации радона (ОА радона) в детских садах и образовательных школах г. Душанбе определяли интегральным методом установкой и последующей обработкой трековых детекторов.

В помещениях детских садов и классах общеобразовательных школ с целью измерения концентраций радона устанавливались экспозиметры (пластиковые пробоотборные пассивные камеры) с трековыми детекторами "Radtrak" (Швеция), которые устанавливались на период от 2-х до 6-и месяцев, что позволяет делать замеры ОА радона в широком диапазоне 15-25000 Бк/м³. Предоставле-

ние и установка трековых детекторов осуществлялась в рамках регионального проекта технического сотрудничества МАГАТЭ (Международного агентства по атомной энергии). В отдельных обследуемых помещениях, параллельно интегральным измерениям объёмной активности радона также измерялся гамма-фон этих помещений. Измерения осуществлялись в течение трёхмесячного периода, как в тёплое время года, так и в течение отопительного сезона. Затем детекторы снимались и отправлялись на обработку, считывание и анализ в компанию “Radonova Laboratories AB” (Швеция, г. Уппсала), в соответствии со стандартом “ISO 11665-4”.

При измерениях и обработке результатов учитывались следующие факторы: эксплуатационный срок здания; этаж, на котором устанавливался детектор; время года; продолжительность измерений по времени; частота проветривания или возможность вентиляции помещения; средняя продолжительность нахождения в помещении людей; мощности доз γ -излучения в помещении. Детекторы-экспозиметры в исследуемых помещениях были установлены в местах, удалённых от отопительных приборов и окон, на высоте от одного до двух метров от поверхности пола. Характеристики каждого объекта, помещений и экспозиметра фиксировались в специальном журнале и использовались для обработки результатов.

Перерасчёт величин объёмной активности радона в величины ЭРОА (эквивалентная равновесная объёмная активность) производился с применением равновесного коэффициента, который равен 0.4.

Продолжительности тёплого и отопительных сезонов были определены по срокам, на основании решений региональных органов управления (Хукумата) по открытию отопительного сезона и его завершении.

На основании проведённых исследований и вычислений в воздушной среде помещений значений ЭРОА радона; применения дозового коэффициента, который был равен 9.0×10^{-6} мЗв/(Бк·ч/м³) согласно отчётов НКДАР ООН (за период 2000, 2006 годов) были вычислены величины среднегодовых индивидуальных эффективных доз внутреннего облучения, полученных в результате облучения

короткоживущими дочерними продуктами радона, присутствующими в воздухе помещений. Оценка полученных доз облучения детьми и подростками школ и детских садов в результате ингаляции радона проводилась на основании продолжительности периода времени, которое дети проводили в этих помещениях. Так, расчёт доз облучения для детей в детских садах проводился из расчёта дозового коэффициента 0.33, который складывался из расчёта, что дети в детском саду проводят в день 8 часов, в год это составляет 2000 часов. Для детей в школах дозовый коэффициент составил 0.25, из расчёта, что дети проводят в классах в день 6 часов, в год это составляет 1200 часов.

Соответственно, исследования доз облучения проводились на территории г. Душанбе и охватили 14 детских садов и 36 общеобразовательных школ, которые территориально располагались в районах Сино, Исмоила Сомони, Шохмансур и Фирдавси. Исследованием было охвачено по четыре помещения в каждом из зданий, два из которых располагались на первых этажах, а два помещения – на вторых этажах. Таким образом, в исследование были включены в общем 200 помещений. Исходя из данных Главного управления геологии при Правительстве Республики Таджикистан, территория, на которой располагается г. Душанбе, является разнообразной, грунты, слагающие эту территорию, представлены лёссовидными и лёссовыми суглинками, галечными и гравийными отложениями и др., как это видно из рисунка 3.1. Согласно карте, приведённой на рисунке 3.1. возможно выделить на территории г. Душанбе участки, из которых происходит выделение радона и поступление его в воздушную среду помещений и зданий.

В г. Душанбе строительство зданий детских садов и школ осуществлялось согласно типовым проектам, при строительстве для фундаментов зданий и их несущих конструкций использовался железобетон, для стен стройматериалом являлся кирпич. По данным обследования, примерно 80% зданий, в которых проводился мониторинг доз облучения, были построены с 1950 по 2000 годы, в некоторых зданиях в результате капитального ремонта были изменены конструкции. На основании НРБ-06 Республики Таджикистан, для зданий общественного и жилого назначения были определены лимиты по содержанию радона (среднегодовые

значения ЭРОА). Так, для вновь строящихся зданий ЭРОА района составляет не выше 100 Бк/м^3 , для уже эксплуатируемых зданий - не выше 200 Бк/м^3 .

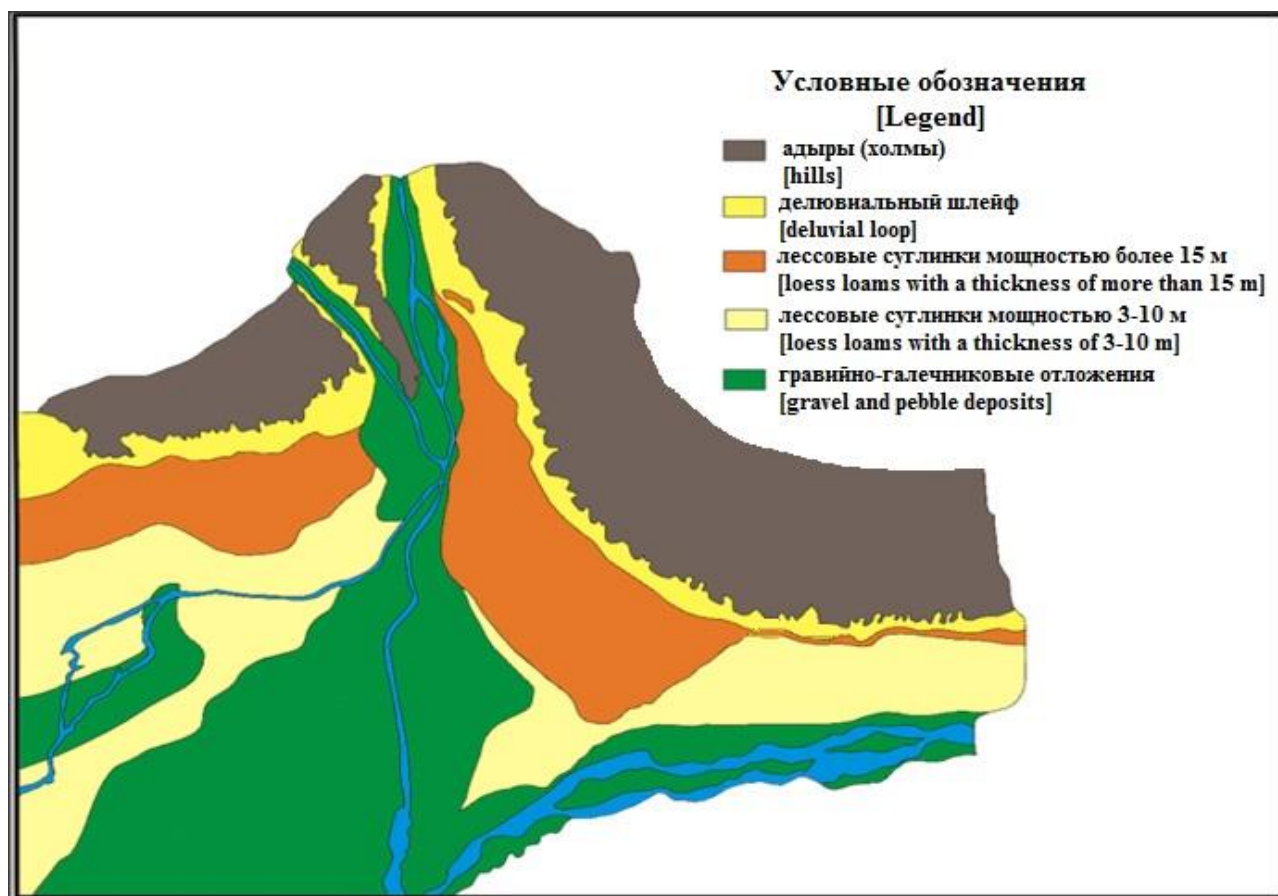


Рисунок 3.1 – Инженерно-геологическое районирование на территории г. Душанбе

При размещении экспозиметров радона с целью исследований в помещениях детских садов и школ учитывался факт максимального по времени присутствия детей в этих помещениях. Поэтому экспозиметры в школах устанавливались в основном в учебных классах, а в детских садах - в комнатах для занятий, игровых комнатах и спальнях. Экспозиметры устанавливались в помещениях с учётом отопительного сезона (с декабря 2018 по февраль 2019 года) и в тёплое время года (с апреля по июнь месяцы 2019 года), режим эксплуатации помещений являлся стандартным.

Здания, в которых проводился мониторинг доз облучения, выбирались в различных частях г. Душанбе. На карте г. Душанбе (рисунок 3.2) отмечены зда-

ния - точки мониторинга, в которых были установлены экспозиметры и определялись дозы облучения.

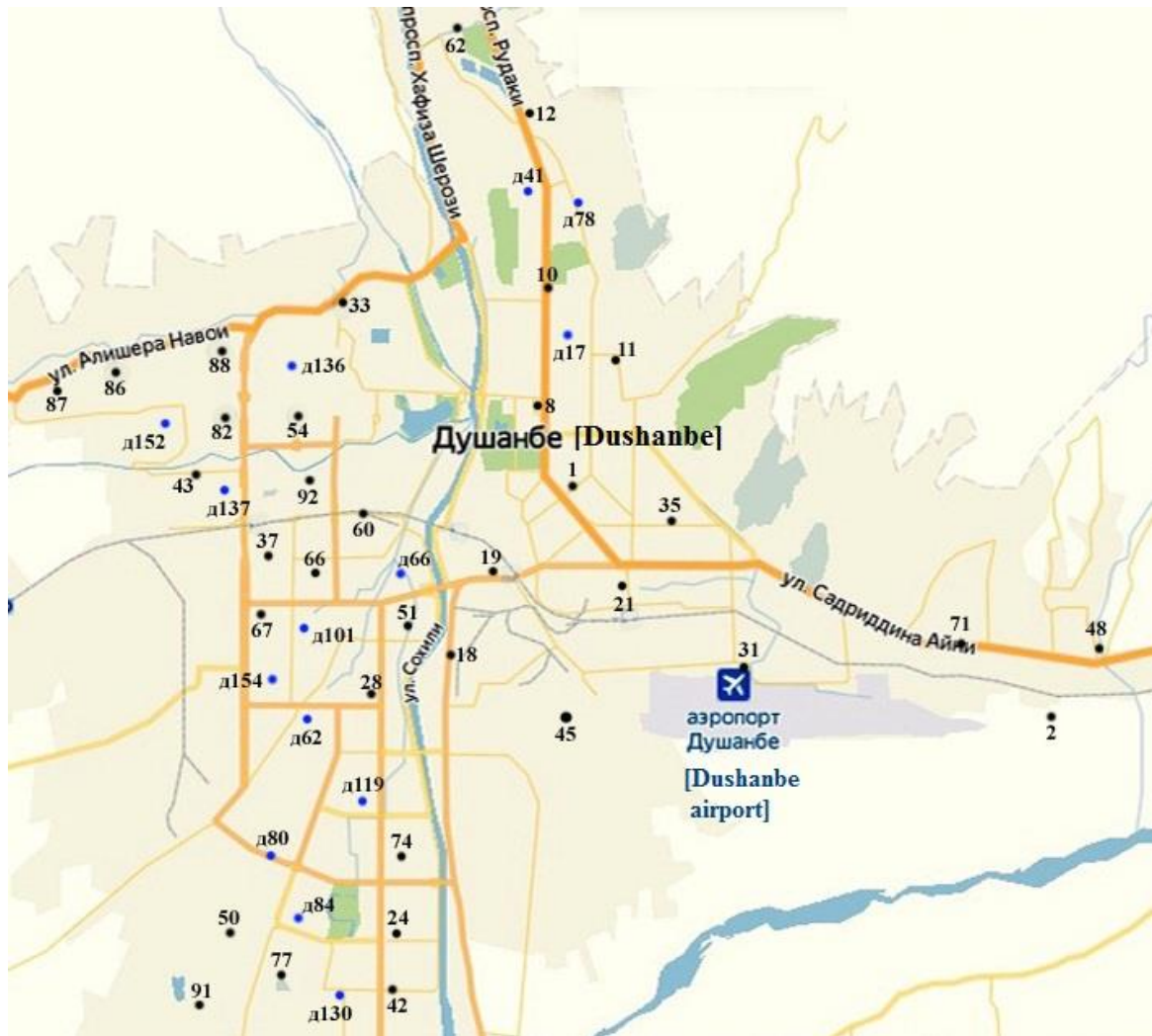


Рисунок 3.2 – Точки измерения радона на территории г. Душанбе с обозначением номеров детсадов и школ и их территориальной расположенности на карте г. Душанбе

Определение содержания радона в зданиях школ и детсадов проводилось в помещениях первых и вторых этажей, которые располагались друг над другом. Соответственно, на каждом этаже устанавливались по два экспозиметра, в каждом здании, таким образом, устанавливались четыре экспозиметра. При сборе экспозиметров были отмечены их потери, которые составили около 1.5-2.0%. В обследованных помещениях зданий величины мощности амбиентных эквивалентов доз γ -излучения составили от 0.10 до 0.18 мкЗв/час при усреднённом значе-

нии 0.14 мкЗв/час. Данные величины получены после обработки экспозиметров, являющихся дозиметрами γ -излучения. После проведения анализа результатов данного исследования можно констатировать, что тип здания и расположенность помещений на первом или втором этажах не оказывают существенных влияний на дозы облучения.

Результаты анализа полученных результатов измерений ЭРОА радона в помещениях первых и вторых этажей зданий в отопительный сезон и тёплое время года, расположенных в классах школ г. Душанбе обобщены в виде диаграмм на рисунках 3.3 и 3.4, а в помещениях детских садов г. Душанбе, соответственно, на рисунках 3.5 и 3.6.

Согласно диаграммам, которые приведены на рисунках 3.3-3.6, величины ЭРОА радона различны в зависимости от этажа здания и времени года проведения эксперимента в одних и тех же зданиях. Величины ЭРОА радона в отопительный сезон значительно выше по сравнению с тёплым временем года, что обуславливается большей частотой проветривания зданий в тёплый период. Также выявлена тенденция снижения величин ЭРОА радона в помещениях вторых этажей по сравнению с первыми этажами зданий, причём на данную зависимость период года не оказывает влияния.

Для подтверждения полученных результатов построены гистограммы, характеризующие частотное распределение вычисленных величин ЭРОА радона во всех обследованных помещениях зданий детсадов и школ на первых и вторых этажах, с целью подтверждения распределения радона в зависимости от этажа и тёплого или холодного времени года (рисунок 3.7) и рассчитаны средние геометрические значения (медианы).

Затем согласно полученным в качестве медиан величин ЭРОА радона рассчитали величины среднегодовых индивидуальных эффективных доз облучения в помещениях детсадов и школ г. Душанбе (таблица 3.3). Таким образом, вычислены эффективные дозы внутреннего облучения детей, поступающего через ингаляцию дочерних продуктов радона при их нахождении в зданиях детсадов и школ г. Душанбе в течение всего года с распределением на тёплый и холодный периоды.

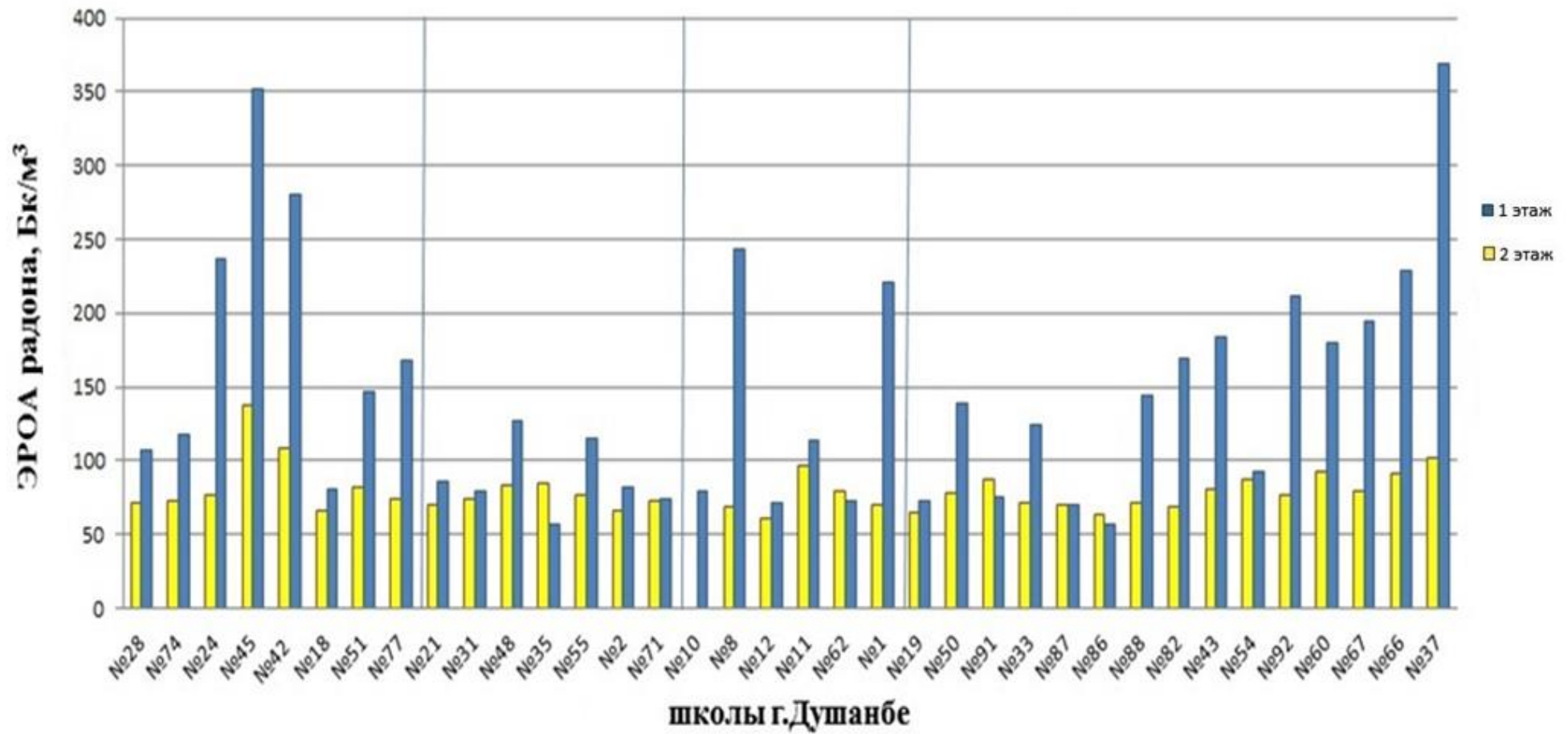


Рисунок 3.3 - ЭРОА радона в классах школ города Душанбе в отопительный период

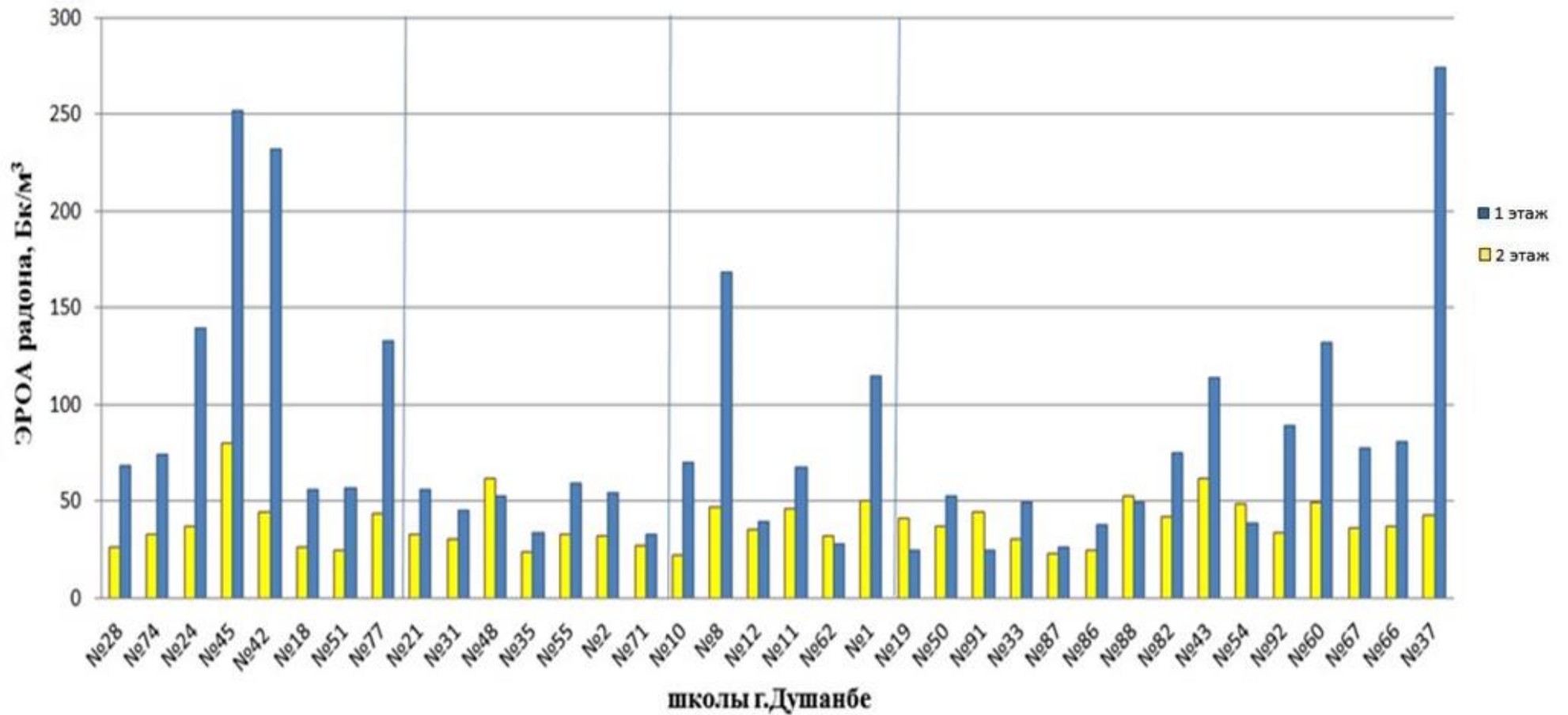


Рисунок 3.4 – Величины ЭРОА радона в классах общеобразовательных школ г. Душанбе в тёплое время года

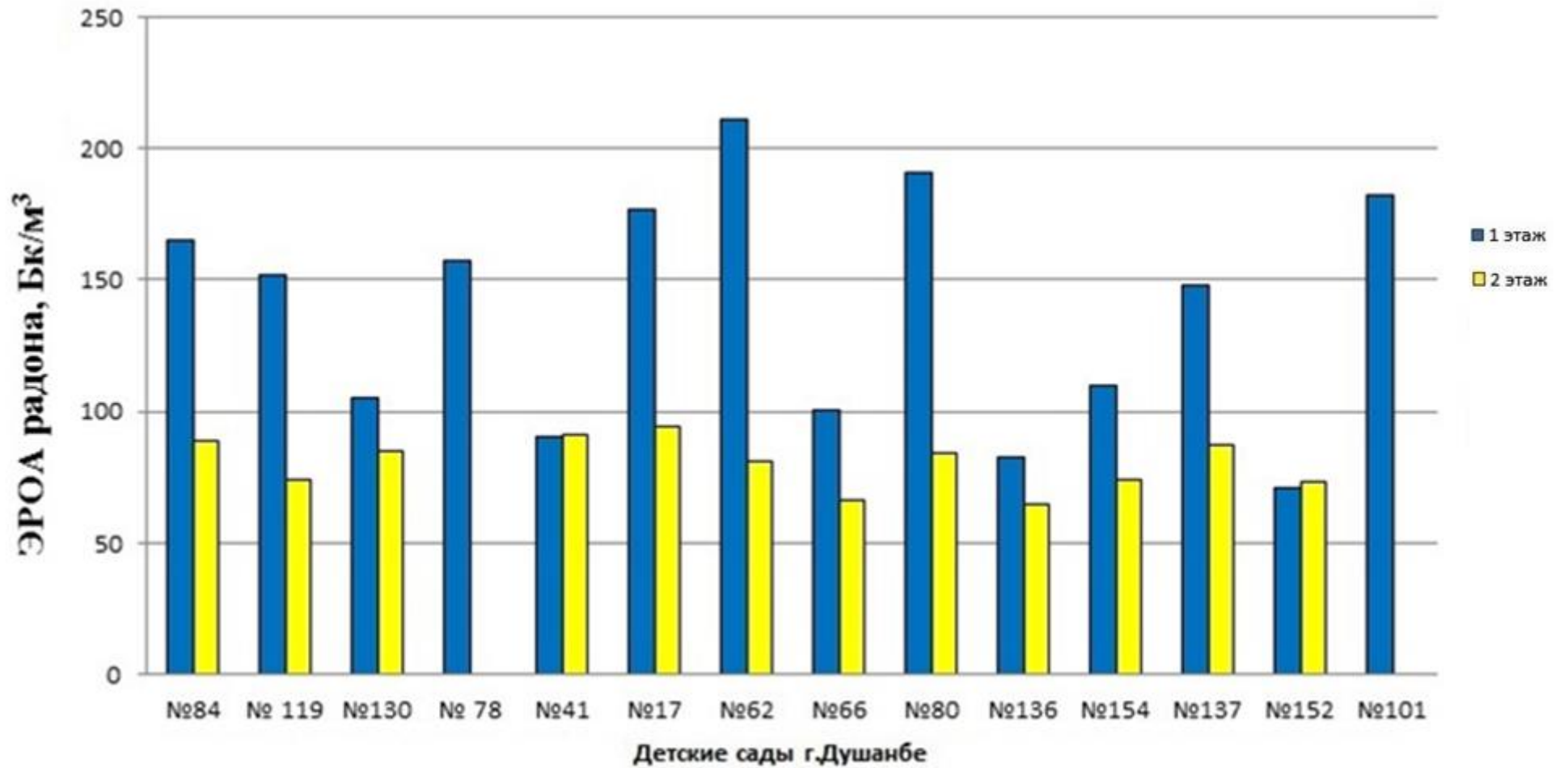


Рисунок 3.5 – Величины ЭРОА радона в помещениях детских садов г. Душанбе в отопительный сезон

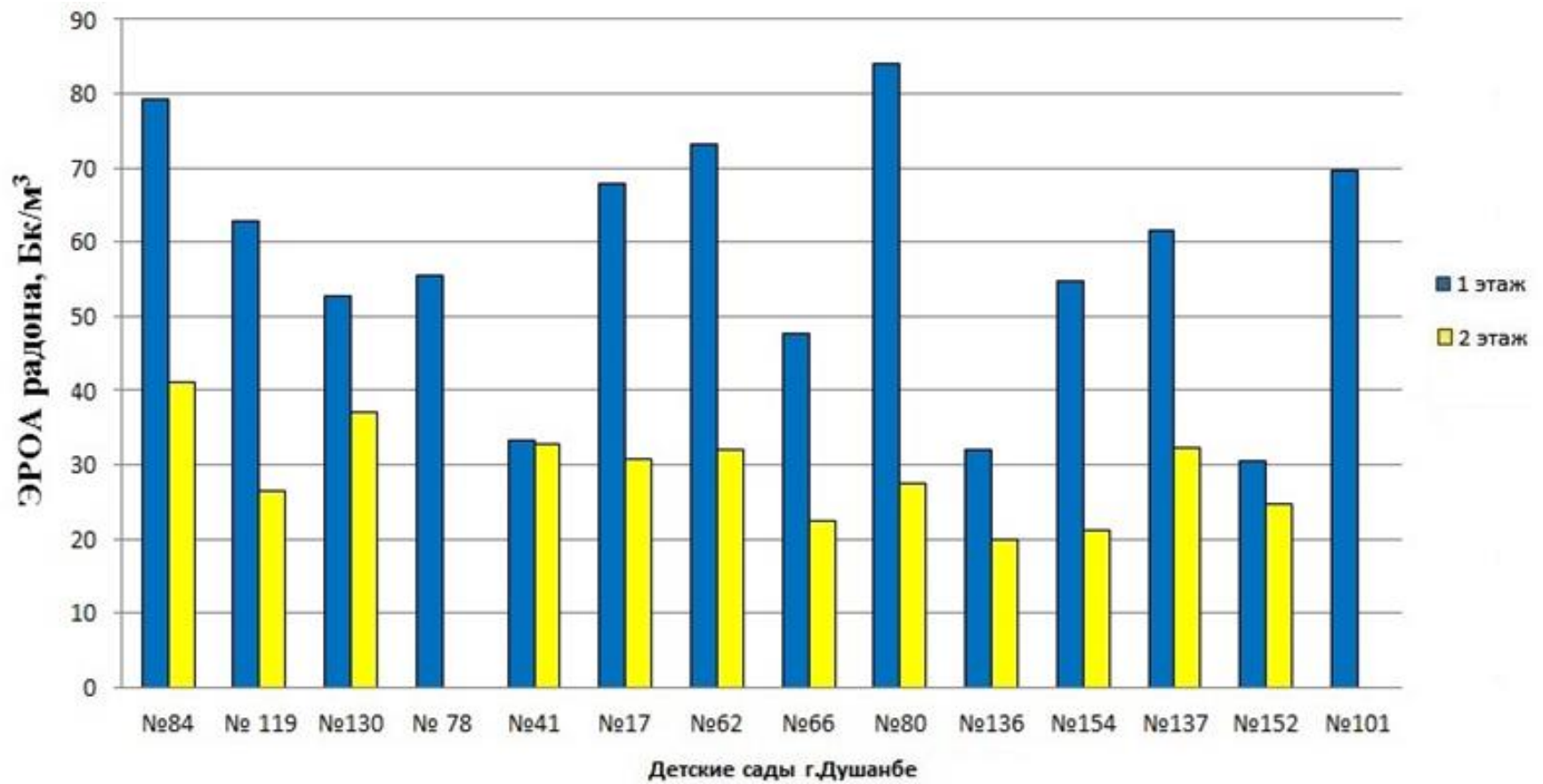


Рисунок 3.6 – Величины ЭРОА радона в помещениях детских садов г. Душанбе в тёплое время года

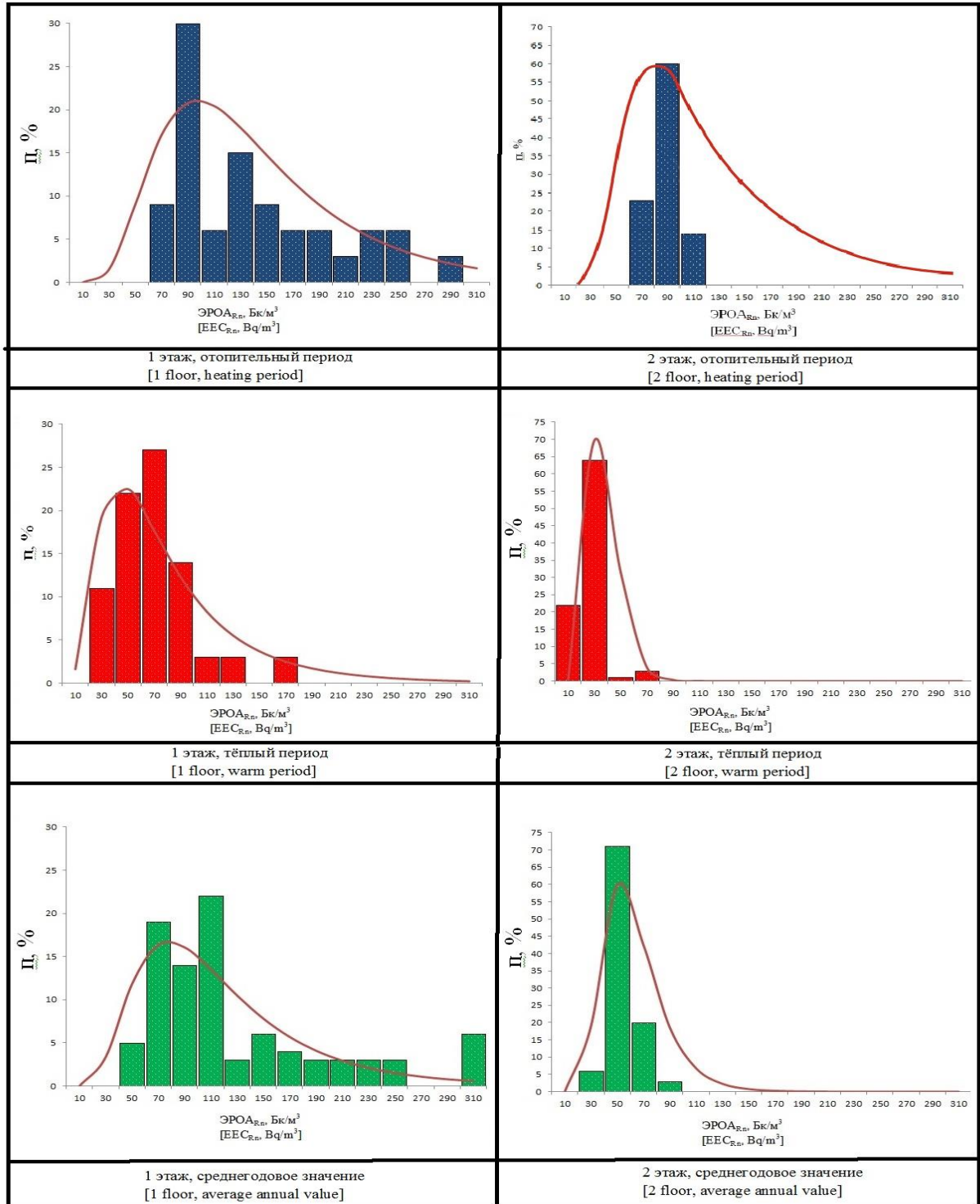


Рисунок 3.7 - Распределение величин ЭРОА района на 1-х и 2-х этажах в помещениях зданий. Огибающие линии – подобранные логнормальные распределения

Таблица 3.3 - Среднегодовые значения ЭРОА радона и величины среднегодовых индивидуальных эффективных доз облучения детей радоном в помещениях образовательных учреждений

№	Величина	Образовательные учреждения			
		Школы (1 этаж)	Школы (2 этаж)	Детсады (1 этаж)	Детсады (2 этаж)
1.	Диапазон значений среднегодовой ЭРОА радона, Бк/м ³	49–331	50–82	61–142	42–62
2.	Среднее значение среднегодовой ЭРОА радона, Бк/м ³	103	59	93	54
3.	Интервал величин среднегодовых индивидуальных эффективных доз облучения, мЗв	0.53–3.6	0.54–0.88	1.09–2.55	0.75–1.11
4.	Усреднённая величина среднегодовой индивидуальной эффективной дозы облучения, мЗв	1.11	0.64	1.67	0.97

Сопоставление значений ЭРОА радона с данными геологической структуры почвы места расположения этих школ, закономерностей ощутимого влияния отдельных пород не выявлены.

Согласно анализа полученных результатов выявлено, что среднегодовые эффективные дозы облучения детей и подростков, находящихся в помещениях детских садов и общеобразовательных учреждений г. Душанбе находится в диапазоне от 0.64 до 1.64 мЗв, данная доза является суммой излучений радона и излучений дочерних продуктов его распада. Выявлена зависимость, характеризую-

щая изменение концентрации радона от этажа помещений, на котором проводились измерения. Так, концентрация радона в помещениях первых этажей выше, чем на вторых этажах аналогичных помещений.

Таким образом, для получения полной картины, характеризующей содержание радона в помещениях зданий общеобразовательных школ и детских садов, необходимо провести дополнительные исследования во всех помещениях указанных зданий, включая подвальные помещения, в которых, возможно, содержание радона будет значительно выше, а также необходима разработка методических рекомендаций, направленных на осуществление в каждом здании мероприятий по снижению рисков от облучения радоном.

3.3. Изучение ЭРОА радона в зданиях дошкольных и школьных учреждений южных районов Республики Таджикистан

Известно, что основной вклад в дозу облучения населения создают природные источники ионизирующего излучения - гамма-излучение грунта, космические излучения и, главным образом, радон, поэтому особую значимость приобретает контроль уровней облучения населения в помещениях, поскольку в основном в помещениях люди получают дозы облучения от радона. В основном радиационный фон в помещениях и зданиях складывается из активностей радия-226, тория-232 и калия-40, которые являются тремя основными естественными долгоживущими радионуклидами, вклад в облучение также вносит здесь цезий-137, техногенный излучатель, присутствующий в строительных материалах, кроме того, в воздухе помещений присутствуют активные излучатели – изотопы радона и его дочерних продуктов распада.

В нормативных документах НРБ-2006 (Санитарные нормы и правила Сан-Пин 2.6.1.001-06) установлены нормативные ограничения, характеризующие облучение людей от радиоактивных источников природного происхождения, так, для радона установлены следующие контрольные уровни: для строящихся и недавно построенных зданий ≤ 100 Бк/м³, для уже ранее заселённых зданий ≤ 200 Бк/м³.

Дети составляют критическую группу населения в отношении воздействия радона. Вот почему во многих странах обучение радоном детей и подростков выделено в отдельный аспект радиологии.

Чтобы решить поставленные исследовательские задачи, было выполнено следующее:

- выбраны соответствующие объекты, в которых устанавливались и затем собирались экспозиметры;
- проводилась обработка и анализ полученных результатов, вычислялись дозы облучения в зависимости от условий помещений и зданий;
- проводилось определение радоноопасности территорий с учётом геологии грунта;
- разработка рекомендаций по снижению уровней облучения от поступления в помещения радона и его дочерних продуктов распада;
- использование полученных данных для составления радоновой карты Хатлонской области Республики Таджикистан.

Для определения содержания радона в воздухе помещений дошкольных учреждений и школах районов Хатлонской области и соблюдения нормативных требований по ЭРОА радона согласно НРБ-2006, воспользовались интегральным методом установкой и последующей обработкой трековых детекторов.

В помещениях детских садов и классах общеобразовательных школ с целью измерения концентраций радона устанавливались экспозиметры (пластиковые пробоотборные пассивные камеры) с трековыми детекторами “Radtrak” (Швеция), которые устанавливались на период от 2-х до 6-и месяцев, что позволяет делать замеры ОА радона в широком диапазоне 15-25000 Бк/м³. Предоставление и установка трековых детекторов осуществлялась в рамках регионального проекта технического сотрудничества МАГАТЭ (Международного агентства по атомной энергии). В отдельных обследуемых помещениях, параллельно интегральным измерениям объёмной активности радона также измерялся гамма-фон этих помещений. Измерения осуществлялись в течение трёхмесячного периода, как в тёплое время года, так и в течение отопительного сезона. Затем детекторы

снимались и отправлялись на обработку, считывание и анализ в компанию “Radonova Laboratories AB” (Швеция, г. Уппсала), в соответствии со стандартом “ISO 11665-4”.

При измерениях и обработке результатов учитывались следующие факторы: эксплуатационный срок здания; этаж, на котором устанавливался детектор; время года; продолжительность измерений по времени; частота проветривания или возможность вентиляции помещения; средняя продолжительность нахождения в помещении людей; мощности доз γ -излучения в помещении. Детекторы-экспозиметры в исследуемых помещениях были установлены в местах, удалённых от отопительных приборов и окон, на высоте от одного до двух метров от поверхности пола. Характеристики каждого объекта, помещений и экспозиметра фиксировались в специальном журнале и использовались для обработки результатов.

Перерасчёт величин объёмной активности радона в величины ЭРОА (эквивалентная равновесная объёмная активность) производился с применением равновесного коэффициента, который равен 0.4.

Продолжительности тёплого и отопительных сезонов были определены по срокам, на основании решений региональных органов управления (хукуматов) по открытию отопительного сезона и его завершении.

На основании проведённых исследований и вычислений в воздушной среде помещений значений ЭРОА радона; применения дозового коэффициента, который был равен 9.0×10^{-6} мЗв/(Бк·ч/м³) согласно отчётов НКДАР ООН (за период 2000. 2006 годов) были вычислены величины среднегодовых индивидуальных эффективных доз внутреннего облучения, полученных в результате облучения короткоживущими дочерними продуктами радона, присутствующими в воздухе помещений. Оценка полученных доз облучения детьми и подростками школ и детских садов в результате ингаляции радона проводилась на основании продолжительности периода времени, которое дети проводили в этих помещениях. Так, расчёт доз облучения для детей в детских садах проводился из расчёта дозового коэффициента 0.33, который складывался из расчёта, что дети в детском саду

проводят в день 8 часов, в год это составляет 2000 часов. Для детей в школах дозовый коэффициент составил 0.25, из расчёта, что дети проводят в классах в день 6 часов, в год это составляет 1200 часов.

Соответственно, исследования доз облучения проводились на территории зданий 18 детских садов и 48 общеобразовательных школ Хатлонской области, исследованием было охвачено 22 района (города), расположенных в южной части республики. Исследованием было охвачено по четыре помещения в каждом из зданий, два из которых располагались на первых этажах, а два помещения – на вторых этажах. Таким образом, в исследование были включены в общем 264 помещения.

В Хатлонской области строительство зданий детских садов и школ осуществлялось в основном согласно типовым проектам, при строительстве для фундаментов зданий и их несущих конструкций использовался железобетон, для стен стройматериалом являлся кирпич. По данным обследования, примерно 80% зданий, в которых проводился мониторинг доз облучения, были построены с 1950 по 1990 гг. Из всех исследуемые здания - 6 одноэтажных (4 детских садика и 2 школы) и 2 помещения (классы) находятся на 1-ом этаже.

При размещении экспозиметров радона с целью исследований в помещениях детских садов и школ учитывался факт максимального по времени присутствия детей в этих помещениях. Поэтому экспозиметры в школах устанавливались в основном в учебных классах, а в детских садах - в комнатах для занятий, игровых комнатах и спальнях. Экспозиметры устанавливались в помещениях с учётом отопительного сезона (с декабря 2018 по февраль 2019 года) и в тёплое время года (с апреля по июнь месяцы 2019 года), режим эксплуатации помещений являлся стандартным.

Здания, в которых проводился мониторинг доз облучения, выбирались в различных территориях Хатлонской области. Минимальное расстояние между исследуемыми зданиями (учреждениями) составляло 5-7 км. Определение содержания радона в зданиях школ и детских садов проводилось в помещениях первых и вторых этажей, которые располагались друг над другом. Соответственно, на каждом

этаже устанавливались по два экспозиметра, в каждом здании, таким образом, устанавливались четыре экспозиметра. При сборе экспозиметров были отмечены их потери, которые составили около 1%. В обследованных помещениях зданий величины мощности амбиентных эквивалентов доз γ -излучения, полученные спектрометром “МКС-6102” производства “Атомтех”, составили от 0.06 до 0.18 мкЗв/час при усреднённом значении 0.12 мкЗв/час. Данные величины получены после обработки экспозиметров, являющихся дозиметрами γ -излучения. После проведения анализа результатов данного исследования можно констатировать, что тип здания и расположенность помещений на первом или втором этажах не оказывают существенных влияний на дозы облучения.

Результаты анализа полученных результатов измерений ЭРОА радона в помещениях первых и вторых этажей зданий в отопительный сезон и тёплое время года, расположенных в классах школ различных районов Хатлонской области обобщены в виде диаграмм на рисунках 3.8 и 3.9, а в помещениях детских садов, соответственно, на рисунках 3.10 и 3.11.

Согласно диаграммам, которые приведены на рисунках 3.8-3.11. величины ЭРОА радона различны в зависимости от этажа здания и времени года проведения эксперимента в одних и тех же зданиях. Величины ЭРОА радона в отопительный сезон значительно выше по сравнению с тёплым временем года, что обуславливается большей частотой проветривания зданий в тёплый период. Также выявлена тенденция снижения величин ЭРОА радона в помещениях вторых этажей по сравнению с первыми этажами зданий, причём на данную зависимость период года не оказывает влияния.

Для подтверждения полученных результатов построены гистограммы, характеризующие частотное распределение вычисленных величин ЭРОА радона во всех обследованных помещениях зданий детских садов и школ на первых и вторых этажах, с целью подтверждения распределения радона в зависимости от этажа и тёплого или холодного времени года (рисунок 3.12) и рассчитаны средние геометрические значения (медианы).

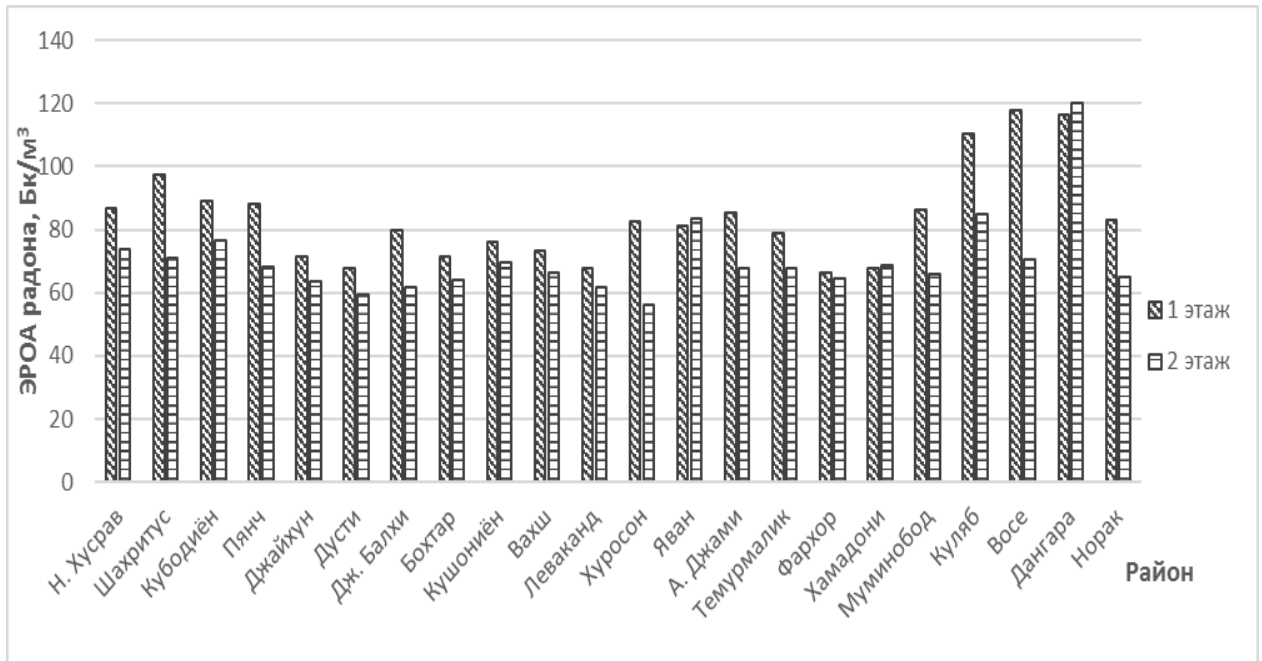


Рисунок 3.8 – ЭРОА радона в классах школ районов Хатлона в отопительный сезон

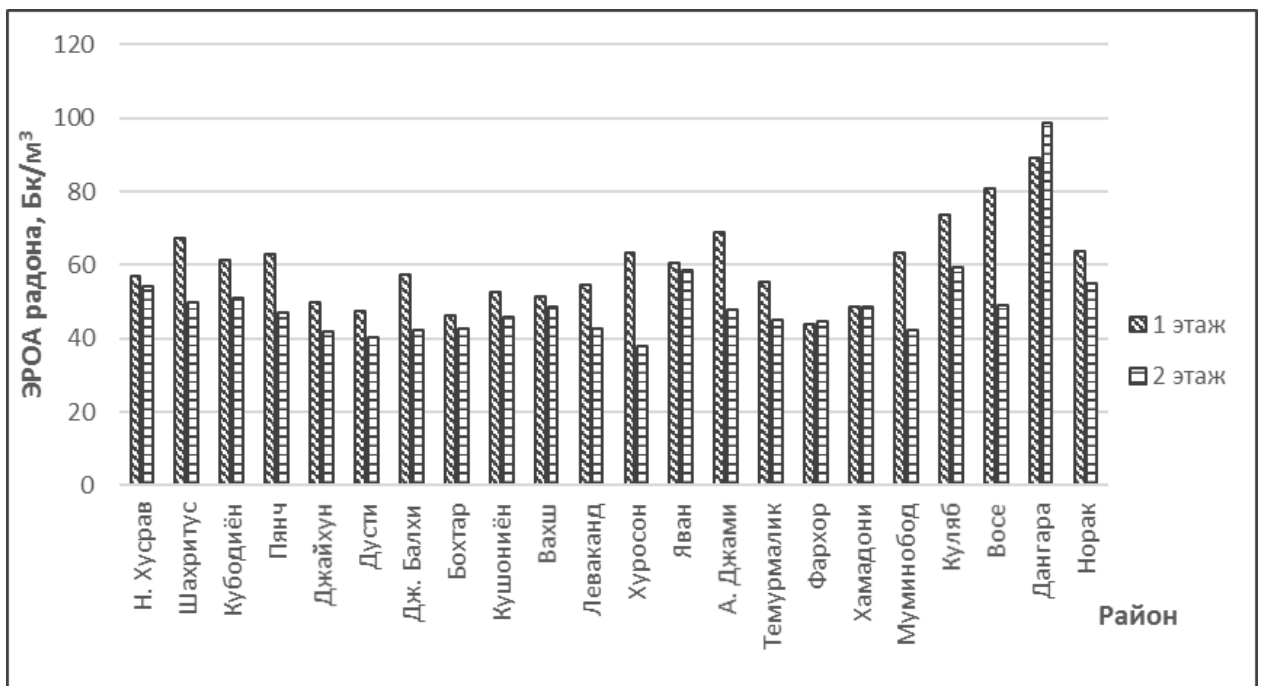


Рисунок 3.9 – ЭРОА радона в классах школ районов Хатлона в тёплое время года

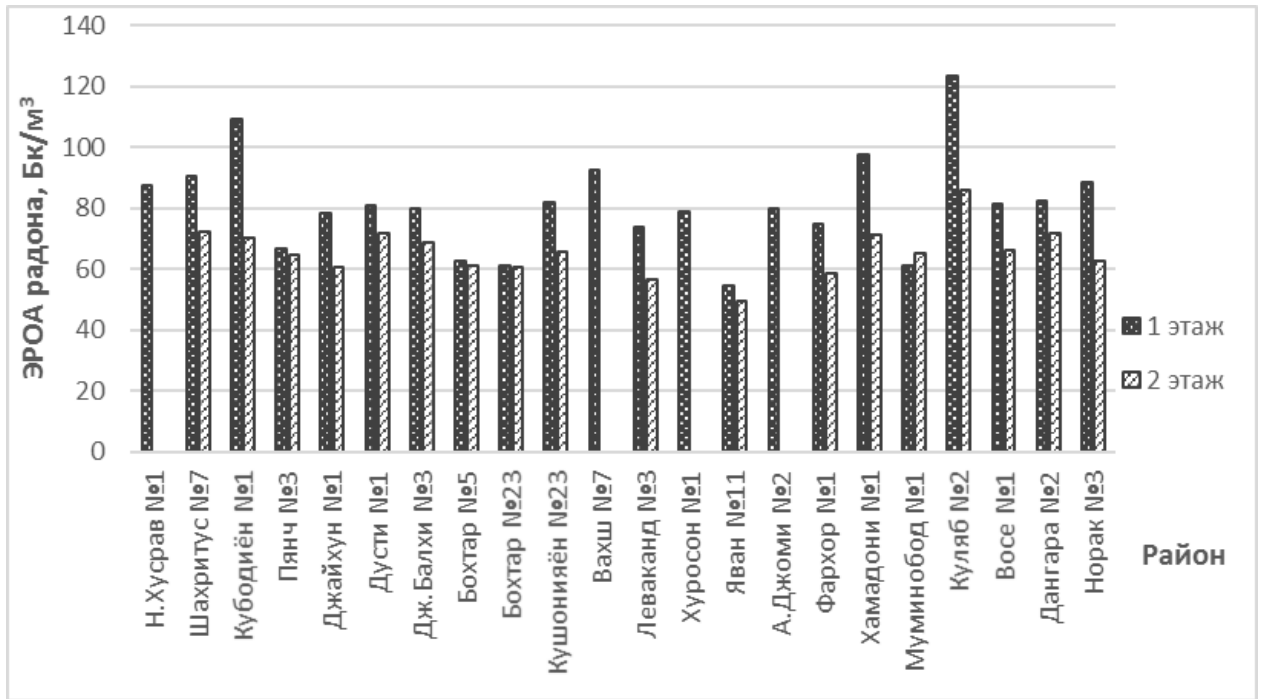


Рисунок 3.10 – ЭРОА радона в помещениях дошкольных учреждений районов Хатлона в отопительный сезон

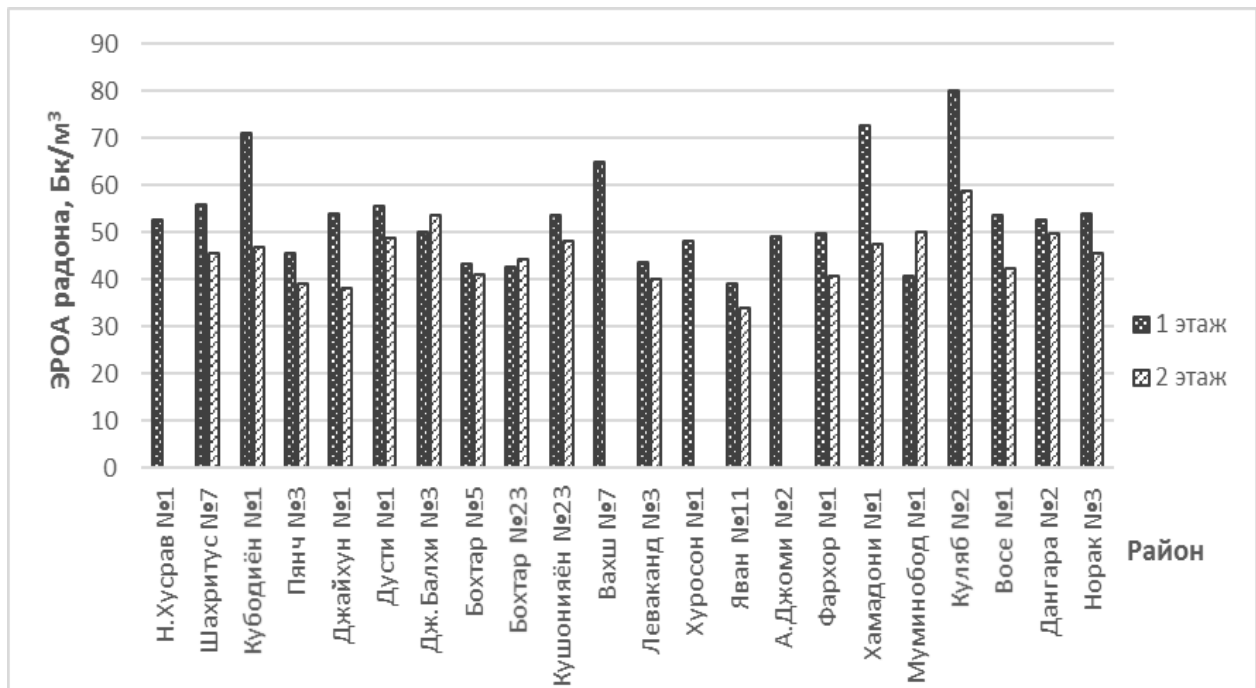


Рисунок 3.11 – ЭРОА радона в помещениях дошкольных учреждений районов Хатлона в тёплое время года

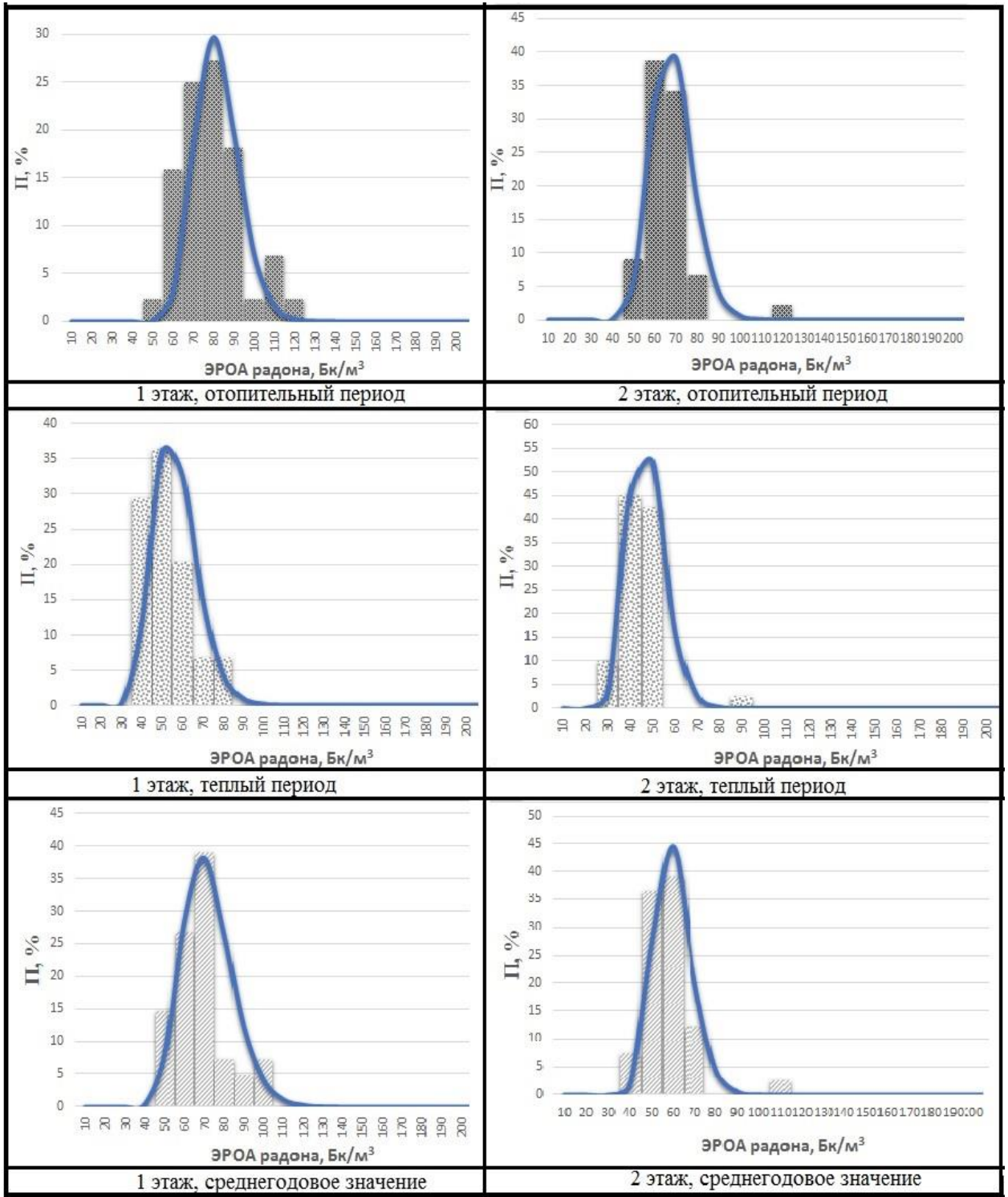


Рисунок 3.12 – Распределение величин ЭРОА радона на 1-х и 2-х этажах в помещениях зданий. Огибающие линии – подобранные логнормальные распределения

Как видно из рисунка 3.12 большая часть (процент) статистических данных среднегодового значения ЭРОА радона на первых этажах зданиях районов Хатлонской области лежит в пределах 70 Бк/м^3 , а на вторых этажах - 60 Бк/м^3 .

Затем согласно полученным в качестве медиан величин ЭРОА радона рассчитали величины среднегодовых индивидуальных эффективных доз облучения в помещениях детсадов и школ Хатлонской области (таблица 3.4). Таким образом, вычислены эффективные дозы внутреннего облучения детей, поступающего через ингаляцию дочерних продуктов радона при их нахождении в зданиях детсадов и школ Хатлонской области в течение всего года с распределением на тёплый и холодный периоды.

Таблица 3.4 - Среднегодовые значения ЭРОА радона и величины среднегодовых индивидуальных эффективных доз облучения детей радоном в помещениях образовательных учреждений

№	Величина	Образовательные учреждения			
		Школы (1 этаж)	Школы (2 этаж)	Детсады (1 этаж)	Детсады (2 этаж)
1.	Диапазон значений среднегодовой ЭРОА радона, Бк/м^3	57-105	48-111	48-105	43-75
2.	Среднее значение среднегодовой ЭРОА радона, Бк/м^3	74	62	70	56
3.	Интервал величин среднегодовых индивидуальных эффективных доз облучения, мЗв	0.63–1.15	0.53–1.22	0.86–1.91	0.78–1.35
4.	Усреднённая величина среднегодовой индивидуальной эффективной дозы облучения, мЗв	0.82	0.68	1.26	0.99

На рисунке 3.13 приведена составленная карта со средними значениям ЭРОА радона на 1-х этажах школ районов Хатлонской области.

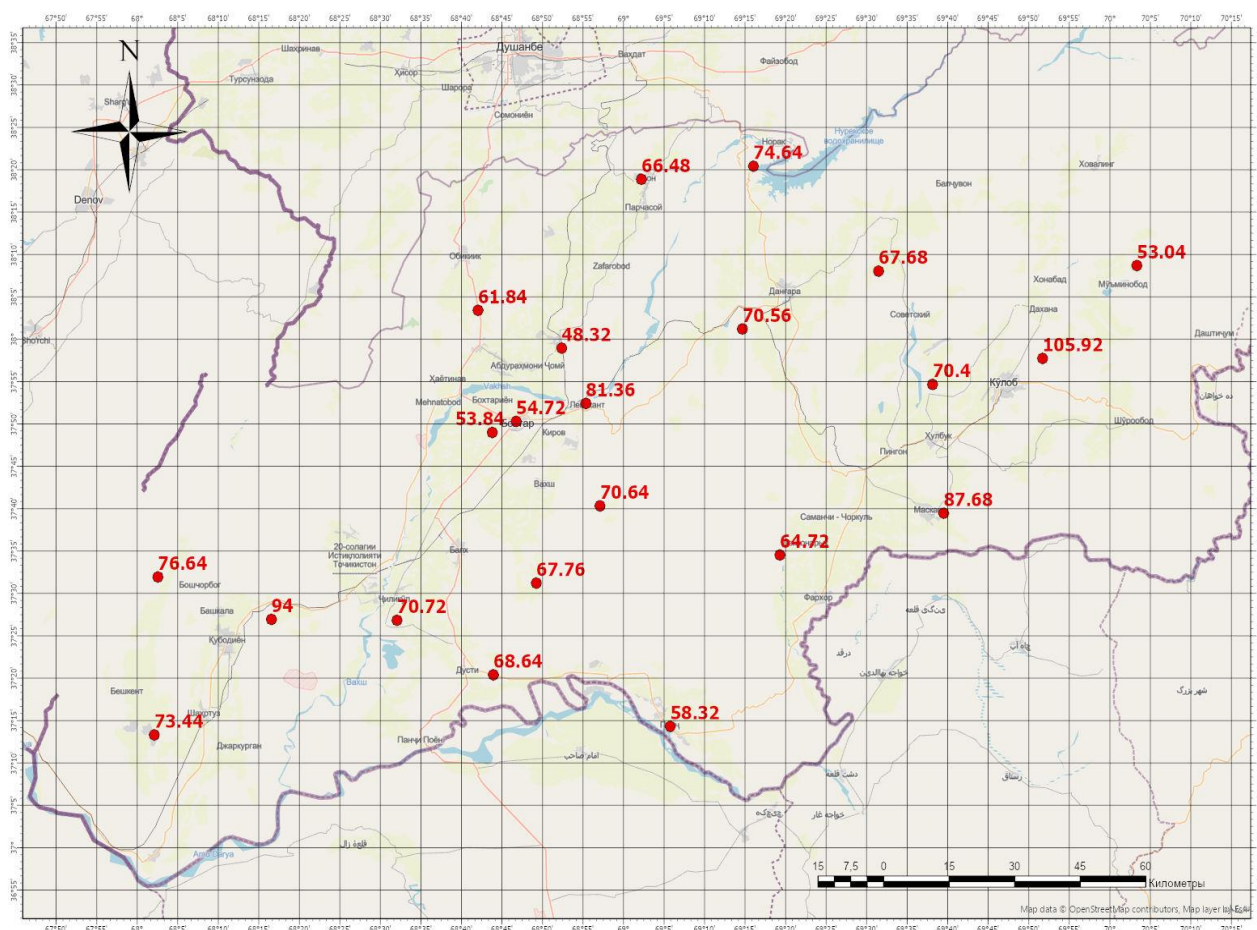


Рисунок 3.13 – Карта распределения средних значений ЭРОА радона в Бк/м³ на 1-х этажах школьных зданий районов Хатлона

Сопоставление значений ЭРОА радона с данными геологической структуры почвы места расположения этих школ, закономерностей ощутимого влияния отдельных пород не выявлены.

Согласно анализа полученных результатов выявлено, что среднегодовые эффективные дозы облучения детей и подростков, находящихся в помещениях детских садов и общеобразовательных учреждений районов Хатлонской области составляет 0.68–1.26 мЗв, что указывает на вполне приемлемую радиационную обстановку в обследованных помещениях.

Так, концентрация радона в помещениях первых этажей выше, чем на вторых этажах аналогичных помещений. Большая часть (процент) полученных статистических данных среднегодового значения ЭРОА радона на первых этажах зданий районов Хатлонской области лежит в пределах 70 Бк/м^3 , а на вторых этажах -60 Бк/м^3

Составлена карта распределения средних значений ЭРОА радона на 1 этажах зданий школ районов Хатлонской области.

Таким образом, для получения полной картины, характеризующей содержание радона в помещениях зданий общеобразовательных школ и детских садов, необходимо провести дополнительные исследования во всех помещениях указанных зданий, включая подвальные помещения, в которых, возможно, содержание радона будет значительно выше, а также необходима разработка методических рекомендаций, направленных на осуществление в каждом здании мероприятий по снижению рисков от облучения радоном.

3.4. Радоновый мониторинг районов Таджикистана, расположенных вблизи территорий хвостохранилищ

Как известно, на территории северного Таджикистана располагаются несколько урановых хвостохранилищ, которые являются источниками выделения с их поверхности значительных содержаний радона, таким образом, урановые хвостохранилища, расположенные на данной местности, являются радоноопасными объектами. Значительные выделения с их поверхности радона обусловлены, как естественными проявлениями, так и техногенными. Наибольший риск представляют Дигмайское хвостохранилище и хвостохранилище, расположенное вблизи г. Истиклол, так как их поверхности не покрыты защитным грунтом.

Проведение радонового мониторинга на данных хвостохранилищах осуществлялось методом “мгновенных” измерений и “интегральным” методом. Величины объёмной активности радона (ОАР) измерялись с использованием радиометра радона “РРА- 01 М-03”. Данная величина характеризует содержание радона в воздухе, сущность метода состоит в отборе в пробоотборник проб воз-

духа, определении ОАР непосредственно в самом пробоотборнике перемешиванием пробы в измерительной камере “РРА-01М-03” и объеме пробоотборника.

Плотность потока радона (ППР) вычислялась с использованием пробоотборного устройства “ПОУ-04”. Оценка годовых выбросов радона с поверхности хвостохранилища проводилась на основании множества замеров ППР, точки которых выбирались равномерно по всему телу хвостохранилища.

Величины ОАР в воздухе были также вычислены на основании показаний трековых детекторов комплекса “RADOSYS”, которые были установлены на территории хвостохранилищ. Данный трековый метод, являющийся эманационным, позволил вычислить и провести анализ доз облучения от природных радиационных объектов (хвостохранилищ), получаемых населением, которое постоянно проживает вблизи данных радиационноопасных объектов, или людей, которые вынуждены временно находиться на этих объектах в силу своей производственной деятельности.

Максимальные содержания радона отмечены в отдельных зданиях пос. Старый Табошар (в настоящее время г. Истиклол), из величины находятся в диапазоне от 527 до 826 Бк/м². Данный факт объясняется тем, что для постройки фундаментов этих зданий использовались горные породы с высокими содержаниями естественных радионуклидов (ЕРН), также значимым фактом, влияющим на такие высокие содержания радона, является отсутствие в отдельных зданиях вентиляции. Также высокие величины объёмной активности радона выявлены на бывшем горно-металлургическом заводе, в настоящее время полуразрушенном, здесь величины ОА радона достигают 1319 Бк/м².

Кроме того, местное население г. Истиклол использует для бытовых и питьевых нужд шахтные и дренажные воды, вытекающие из-под тела хвостохранилищ, эти воды являются сильно загрязнёнными радионуклидами. Такое использование указанных вод может привести к превышению дозового предела, который составляет 1 мЗв/год. Соответственно, стратегии, разработанные для реабилитации урановых хвостохранилищ г. Истиклол, реализация проектов по очистке урансодержащих шахтных, дренажных вод и вод карьера, должны учи-

тывать различные методы для очистки этих вод, которые являются сильно загрязнёнными, а также находить пути для снабжения жителей г. Истиклол чистой водой для питьевых и хозяйственных нужд.

Согласно результатам измерения ППР в точках, которые равномерно распределены по территории Дигмайского хвостохранилища, проведён расчёт средней плотности потока радона на всей территории хвостохранилища, а также оценён годовой выброс радона, составивший 6575 Кю/год.

Согласно анализу полученных результатов по выбросам радона, выявлено, что минимальные средние величины ОА радона отмечаются в течение холодного осеннего и зимнего периодов года. Данный факт объясняется высокой влажностью почвы и воздуха, и низкими температурами воздуха, поскольку повышение в почвенном слое влажности препятствует выделению радона, а при низких температурах воздуха снижаются диффузионные процессы. В весенне-летний период влажность почвенного покрова снижается, происходит повышение температуры воздуха, что способствует значительному росту эксхалации радона, почти в 1.5 раза по сравнению с осенне-зимним периодом. Исходя из результатов данного исследования, выделены следующие факты, влияющие на радоновыделение:

- увеличение значений ППР происходит в случае значительных перепадов температур атмосферного воздуха и почвы, отмечаемых в сухую погоду при резких осенне-зимних похолоданиях, когда ППР возрастает до 200-300 мБк/м², что связано интенсивным выносом воздуха из почвы в атмосферный воздух в результате естественной конвекции;

- увеличение значений ППР на поверхности почвы происходит в результате воздействия прямых солнечных лучей, что обуславливается увеличением температуры почвенного воздуха, который затем поступает в атмосферный воздух и смешивается с ним;

- увеличение значений ППР до 200 мБк/м² и более отмечается в случае резкого снижения атмосферного давления. При этом нередко происходит образование так называемых “факельных выбросов” радона, и в это время значения ППР могут достигать определённых точек до 1000 мБк/м² в секунду и более.

На территории посёлка Ардасман определены значения ППР, а также вычислены среднеарифметические значения содержания радона, величины которых находятся в диапазоне от 100 до 300 Бк/м², что находится в пределах санитарных норм, определённых для данной территории, поскольку на поверхности этой территории имеется большое количество радиоактивных материалов. Это связано с тем, что для постройки фундаментов многих зданий в посёлке Ардасман использовались строительные материалы, имеющие большое содержание радионуклидов естественного происхождения.

3.5. Анализ результатов проведения радонового мониторинга в Республике Таджикистан

В помещениях естественный воздушный обмен без вентиляции значительно меньше по сравнению с воздухообменом при активной вентиляции, соответственно при этом в помещении происходит накопление радона. Поэтому при исследованиях и анализе результатов по накоплению радона рекомендуется использовать не только измеренные максимальные содержания радона в помещениях, а все измерения значений содержания радона. Этот метод измерений аналогичен методу измерений содержания радона с использованием накопительной камеры, который выше приведён в данной работе.

Определение поступления и накопления радона в данном методе основано на анализе временных рядов изменения содержания радона.

При эксплуатации помещений и зданий в стационарном режиме (без вентиляции) накопление радона - это процесс насыщения, при котором выход значений концентрации радона в помещениях и зданиях в равновесное состояние характеризуется определёнными постоянными параметрами. Чтобы достоверно оценить эти параметры, необходимо математическое описание всего процесса изменения концентрации радона в определённых временных рамках.

Изучение поступления радона в помещения и здания традиционно базируется на создании математических моделей различных типов. Это связано с тем, пути поступления радона в помещения являются сложными и разнообразными,

поэтому для конкретных помещений и зданий не представляется возможным экспериментальными методами определить все параметры поступления радона в них. В частности, согласно известному дифференциальному уравнению 1-го порядка можно определить зависимость содержания радона $A(t)$ в помещении от времени, согласно выражению:

$$\frac{dA(t)}{dt} = S(t) - (A(t) - A_{Rn}^{atm}) \cdot \lambda_v(t) - (A(t) - A_{Rn}^{atm}) \cdot \lambda_{Rn}, \quad (3.1)$$

в котором: $S(t)$ – это суммарное удельное поступление радона в определённую единицу объёма помещения, Бк/(м³·ч);

$\lambda_v(t)$ – функция зависимости величины воздухообмена в помещении от времени, ч⁻¹;

λ_{Rn} – const распада радона, равная 0.00755 ч⁻¹;

A_{Rn}^{atm} – содержание радона в воздухе за пределами помещения, Бк/м³.

Так как помещения, даже полностью закрытые и без прямой вентиляции в стационарном режиме эксплуатации имеют кратность воздухообмена, не ниже значения 0.05 ч⁻¹. при этом данное значение в любом случае значительно больше, чем const распада радона (λ_{Rn}), третий член из выражения (3.2) можно не учитывать, согласно:

$$Q_{\phi} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N Q_{\phi i}, \quad (3.2)$$

в котором: $Q_{\phi i}$ – значение i -ого измерения, Бк·м⁻³;

N – общее количество проведённых замеров.

Для поступления радона величина суммарной скорости поступления (S_0) за определённое время обуславливается диффузионным механизмом и конвективным механизмом, согласно выражению:

$$S_0 = S_D + S_C, \quad (3.3)$$

в котором: S_D – скорость диффузионного поступления радона в помещение, Бк/(м³·ч);

S_C – скорость конвективного поступления радона, Бк/(м³·ч).

Поступление радона в помещение через диффузионный механизм достаточно подробно описан в данном исследовании. Чтобы вычислить скорость поступления радона диффузным механизмом (S_D), необходимо вычислить значение плотности потока радона (q), или его скорости эксхалации согласно выражению:

$$S_D = \frac{\sum_j q_j \cdot \Pi_j}{V}, \quad (3.4)$$

в котором: q_j – скорость эксхалации радона с j -ой поверхности, Бк/($m^2 \cdot c$), площадь которой равна Π_j , m^2 ;

V – объем помещения, m^3 .

Для расчёта скорости эксхалации радона используются величины удельной активности ^{226}Ra , который содержится в строительных материалах, согласно выражению:

$$q = C_{Ra} \rho E \sqrt{\frac{\lambda_{Rn} D_e}{\varepsilon}} \operatorname{th} \left(d \sqrt{\frac{\lambda_{Rn} \varepsilon}{D_e}} \right), \quad (3.5)$$

где: C_{Ra} – величина удельной активности ^{226}Ra в составе строительного материала, Бк/кг;

ρ – плотность строительного материала, kg/m^3 ;

E – коэффициент эманации радона;

D_e – коэффициент диффузии в строительном материале, $m^2 \cdot c^{-1}$;

ε – показатель пористости материала;

d – 1/2 толщины слоя материала, m .

Скорость конвективного поступления радона в помещение зависит от его потоков, которые вызываются разностью давлений. При этом, величина (S_C) – скорость конвективного поступления радона рассчитывается согласно следующему выражению:

$$S_C = A_C \frac{\Delta P}{R_C} V^{-1}, \quad (3.6)$$

где: A_C – содержание радона в конвективном воздушном потоке, Бк/ m^3 ;

ΔP – разность давлений, которые образуют конвективный поток, Па;

R_C – общее сопротивление конструкции здания поступлению конвективного воздушного потока, Па·ч·м⁻³.

Параметры, расположенные в данном выражении справа, напрямую зависят от пространства или среды, в которых происходит конвективный воздушный поток. В качестве этой среды или пространства может быть любое помещение или пространство, непосредственно располагающееся под полом.

Полученные экспериментальные данные и теоретические представления о взаимосвязи между разностью температур (ΔT) и скоростью поступления радона позволяют определить вклад конвективного и диффузионного потоков радона в помещении путём изучения взаимосвязи разности температур и концентрации радона между внешней атмосферой воздуха и внутренним объёмом помещений.

Соответственно, величина скорости поступления радона (S_0) при $\Delta T \neq 0$ включает сумму поступления радона от конвективного и диффузионного его поступления в помещение. Поскольку величина конвективного потока радона в помещении вычисляется, как разность температур ΔT , то при нулевой разности температур ($\Delta T=0$) вклад конвективного потока радона не учитывают при суммарной скорости поступления радона в помещении. В результате чего с учётом того, что $\Delta T=0$, величина скорости поступления радона (S_0) является величиной скорости диффузионного поступления радона, без учёта конвекционного поступления. Поэтому является целесообразным для различных разностей температур (ΔT) определить величины зависимости от них скоростей поступления радона в помещение (ΔS), кроме того, таким образом определяется, какой из поступлений радона (конвективный или диффузионный) является доминирующим в этом процессе. Если наблюдается отсутствие зависимости разности температур (ΔT) и скорости поступления радона – то процесс будет являться диффузионным, если при увеличении разности температур (ΔT) скорость поступления радона будет значительно увеличиваться, то данный процесс будет являться конвективным. В этом случае для помещения вклад диффузионного потока радона определяется, как величина отношения скорости поступления радона при разности температур

$\Delta T=0$ к величине скорости поступления радона при средней разности температур (ΔT_{cp}), согласно выражения:

$$M, \% = \dot{\rho}_0 \frac{S_0(0)}{S_0(\Delta T_{cp})} \cdot 100\% . \quad (3.7)$$

Таким образом, после проведения экспериментальных исследований по определению содержания радона в воздушной среде помещений определено следующее:

- процессы, протекающие при изменении содержания в воздушной среде помещений в течение определённого времени, в помещениях, которые фактически эксплуатируются, не являются квазистационарными процессами;

- анализ временных рядов, достаточно длинных для измерения содержания радона, а также разницы температур между внутренними объёмами помещений и внешней атмосферной средой позволяет определить, как параметры поступления радона, так и различные характеристики воздушного обмена в помещениях;

- величины удельной активности ^{226}Ra в составе стройматериалов не являются основополагающим фактором, который определяет в современных зданиях и помещениях высокие концентрации радона;

- в современных зданиях и помещениях высокие концентрации радона вызываются отсутствием или недостатком кратности воздухообмена, то есть недостаточной вентиляцией, что обуславливается отсутствием или недостатком организованного притока наружного воздуха в период эксплуатации помещений и зданий, а также применением энергосберегающих технологий.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Основные научные результаты диссертации:

1.1. Изучено содержание природных радионуклидов в почвенных покровах различных районов Таджикистана и определены содержания радиоизотопов семейства урана-238 и тория-232 [7-А, 15-А, 16-А].

1.2. Определены содержания изотопа цезия-137 в почвенном покрове центрального и южного Таджикистана в зависимости от рельефа и механических свойств грунта местности. Выявлены основные закономерности и характер пространственного распределения цезия-137 в почвенном покрове. Максимальная удельная активность цезия-137 наблюдается в почвах гористой местности районов Раштской зоны и на территории Сари Хосора [5-А, 10-А, 13-А].

1.3. Изучена радиоэкологическая ситуация северного Таджикистана. Определено, что территории вокруг урановых хвостохранилищ являются высоко радиоактивными территориями, на которых величины МЭД достигают от 0.35 до 30 мкЗв/час и выше [3-А, 8-А, 9-А, 12-А].

1.4. Определены удельные суммарные активности для природных радионуклидов, содержащихся в водах источников питьевого водоснабжения южных районов Таджикистана. В Хатлонской области максимальные величины суммарной удельной α -активности радионуклидов отмечаются в районе Темурмалик – 0.17 Бк/кг, β -активности – в Кабодианском районе – 0.05 Бк/кг [14-А].

1.5. Проведён радионуклидный мониторинг ущелья Канаск Вахдатского района, Алмасы и Хонако Гиссарского района, озера Искандеркуль и его окрестностей, Сари Хосор Балджуванского района. Во всех изученных районах радиационная обстановка является безопасной и близка к среднему радиационному фону страны (от 0.05 до 0.25 мкЗв/ч) [17-А, 20-А, 22-А].

1.6. Изучено содержание радона в помещениях общеобразовательных школ и детских садов г. Душанбе, а также в атмосферном воздухе г. Душанбе. Согласно анализа полученных результатов выявлено, что среднегодовые эффективные дозы облучения от вклада радона и дочерних продуктов его распада для детей и подростков, находящихся в помещениях детских садов и общеобразовательных

школ г. Душанбе находятся в диапазоне от 0.64 до 1.64 мЗв. Определено, что концентрация радона в помещениях первых этажей выше, чем на вторых этажах аналогичных помещений [1-А, 4-А].

1.7. Выявлено, что среднегодовые эффективные дозы облучения от вклада радона и дочерних продуктов его распада для детей и подростков, находящихся в помещениях детских садов и общеобразовательных школ в районах Хатлона составляют 0.68–1.26 мЗв, что указывает на вполне приемлемую радиационную обстановку в обследованных помещениях [6-А].

1.8. Выявлено, что концентрация радона в помещениях первых этажей, как и помещениях общеобразовательных школ и детских садов г. Душанбе выше, чем на вторых этажах аналогичных помещений. Большая часть (процент) полученных статистических данных среднегодового значения ЭРОА радона на первых этажах зданиях районов Хатлонской области лежит в пределах 70 Бк/м³, а на вторых этажах - 60 Бк/м³ [6-А].

2. Рекомендации по практическому использованию результатов:

2.1. На основании полученных результатов, выявлены нами основные закономерности и характер распределения цезия-137 в почвенном покрове Таджикистана. Результаты работы по содержанию радионуклидов в почвах рекомендованы почвоведом для оценки эрозии и других параметров почв.

2.2. Руководителям местных Исполнительных органов государственной власти рекомендовано учитывать при обосновании строительства различных объектов результаты радиоэкологических измерений.

2.3. Согласно Нормам радиационной безопасности Республики Таджикистан (НРБ-06), в источниках питьевого водоснабжения удельная суммарная активность α -частиц должна находиться в пределах ≤ 0.1 Бк/кг, а суммарная объёмная активность β -частиц - не превышать 1.0 Бк/кг. С целью контроля и снижения рисков от употребления питьевых вод, а также разработка защитных мер по снижению вредного радионуклидного воздействия на населения на территории

Таджикистана, рекомендованы учитывать результаты оценки удельной суммарной активности радионуклидов в воде.

2.4. Согласно полученным результатам ЭРОА радона была рассчитана величина среднегодовых индивидуальных эффективных доз облучения в помещениях детских садов, школ и вычислены эффективные дозы внутреннего облучения детей, поступающего через ингаляцию дочерних продуктов радона при их нахождении в этих зданиях в течение всего года. Школьным и дошкольным учреждениям рекомендованы мероприятия по проведению радонозащитных мероприятий путём улучшения вентиляционных систем зданий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Список использованных источников:

- [1]. Соболев, А.П. Естественные, антропогенные и техногенные источники облучения человека / А.П. Соболев, И.П. Коренков, В.В. Вербов [и др.]. – М.: Прима, 1995. – 92 с.
- [2]. Хакимов, Н. Физико-химические и технологические основы переработки отходов урановой промышленности / Н. Хакимов, Х.М. Назаров, И.У. Мирсаидов / Под ред. У. Мирсаидова – Душанбе: Дониш, 2011. – 125 с.
- [3]. Khakimov, N. Physico-Chemical and Manufacturing Basis for Uranium Concentrates Production from Wasters of Hydrometallurgical Plants and Technical Waters / N. Khakimov, Kh.M. Nazarov, I.U. Mirsaidov. – Dushanbe, 2012. – 210 p.
- [4]. Хакимов, Н. Физико-химические и технологические основы получения урановых концентратов из отходов гидрометаллургических заводов и технических вод / Н. Хакимов, Х.М. Назаров, И.У. Мирсаидов / Под ред. У. Мирсаидова. – Душанбе: Мавлави, 2012. – 120 с.
- [5]. Мирсаидов, И.У. Физико-химические основы получения урановых концентратов из отходов и сырьевых материалов / И.У. Мирсаидов / Под ред. Х.М. Назарова. – Душанбе: Дониш, 2014. – 106 с.
- [6]. Урановые хвостохранилища в Центральной Азии: национальные проблемы, региональные последствия, глобальные решения // Рамочный документ к Международному Форуму. – Женева, 2009. – 44 с.
- [7]. Воздействие отходов урановых заводов на окружающую среду / Ю.В. Смирнов, И.Д. Соколова, И.В. Блинова, М.А. Элатомцева. – М.: ЦНИИ Атоминформ, 1992. – 235 с.
- [8]. Справочник по изотопной геохимии / Э.В. Соболевич, Е.Н. Бартницкий, О.В. Цоань [и др.]. – М.: Энергоатомиздат, 1982. – 241 с.
- [9]. Козлов, В.Ф. Справочник по радиационной безопасности. – Изд. 3-е / В.Ф. Козлов. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 192 с.
- [10]. Радиация. Дозы, дефекты, риск / Пер. с англ. Ю.А. Банникова. – М.: Мир, 1990. – 78 с.

[11]. Котенко, Е.А. Свойства горных пород и охрана окружающей среды при добыче и переработке урановых руд / Е.А. Котенко // Горный вестник. -1995. -№2. – С.51-56.

[12]. Radiation protection and the management of radioactive waste in the oil and gas industry: Safety Report Series №34. – IAEA, 2003.

[13]. Extent of environmental contamination by naturally occurring radioactive material (NORM) and technological options for mitigation: Technical reports series №419. – Vienna, 2004.

[14]. Assessing the need for radiation protection measures in work involving minerals and raw material: Safety Report Series №49. – IAEA, 2006.

[15]. Radiation protection and NORM residue management in the zircon and zirconia industries: Safety Report Series, №51. –IAEA, 2007.

[16]. Физико-химические основы переработки урановых руд серноокислотным разложением / С.К. Ходжиев, М.С. Пулатов, С.В. Муминов [и др.] // Доклады АН Республики Таджикистан. -2017. -Т.60. -№5-6.

[17]. Термодинамические свойства актиноидов, полученных из урановых концентратов Таджикистана / Ф.А. Хамидов, С.В. Муминов, С.М. Бахронов, И.У. Мирсаидов // II Международная научно-практическая конференция «Роль молодых учёных в развитии науки, инноваций и технологий». – Душанбе, 2017. – С.77-78.

[18]. Отходы урановой промышленности Таджикистана – перспективное сырьё для получения уранового концентрата / М.Д. Бобоёров, С.М. Бахронов, С.В. Муминов [и др.] // Сборник материалов Международной научно-практической конференции «Перспективы использования материалов устойчивых к коррозии в промышленности Республики Таджикистан», посвященной Дню химика и 70-летию доктора химических наук, профессора, академика АН РТ Ганиева Изатулло Наврузовича. – Душанбе, 2018. – С.230-231.

[19]. Радиологический мониторинг хвостохранилищ Северного Таджикистана / Н. Хакимов, О.В. Войцехович, В.Я. Саидов [и др.] // VI Нумановские чтения. – Душанбе, 2009. – С.207-213.

[20]. Мирсаидов, И.У. Физико-химические и технологические основы получения урановых концентратов из местных сырьевых ресурсов Таджикистана: автореф. дис. ... д-ра техн. наук / И.У. Мирсаидов. – Душанбе, 2016. – 48 с.

[21]. Камалов, Д.Д. Получение урана из отходов урановой промышленности, термические и термодинамические характеристики полученных урановых соединений: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Д.Д. Камалов. – Душанбе, 2008. – 19 с.

[22]. Хамидов, Ф.А. Физико-химические основы выделения урановых концентратов из отходов и термодинамические характеристики торий-урановых соединений: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Ф.А. Хамидов. – Душанбе, 2017. – 28 с.

[23]. Хакимов, Н. Физико-химические и технологические основы переработки отходов уранодобывающей промышленности: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Н. Хакимов. – Душанбе, 2001. – 28 с.

[24]. Хакимов, Н. Инженерно-геологическое состояние хвостохранилища г. Гафурова / Н. Хакимов, Х.М. Назаров, Д.Д. Камалов // Доклады АН Республики Таджикистан. -2005. -Т.48. -№7. – С.15-20.

[25]. Хакимов, Н. Экологический риск при вторичной переработке урановых отвалов Гафуровского хвостохранилища / Н. Хакимов, Х.М. Назаров, У.М. Мирсаидов // Доклады АН Республики Таджикистан. -2005. -Т.48. -№7. – С.43-48.

[26]. Переработка рентабельных отвалов ГП «Востокредмет» для добычи урана / У.М. Мирсаидов, Н. Хакимов, Х.М. Назаров, Д.Д. Камалов // Доклады АН Республики Таджикистан. -2005. -Т.48. -№7. – С.55-61.

[27]. Пути повышения извлечения урана из Гафуровского и Чкаловского хвостохранилищ на стадии выщелачивания / У.М. Мирсаидов, Н. Хакимов, Х.М. Назаров, Д.Д. Камалов // Доклады АН Республики Таджикистан. -2005. -Т.48. -№7. – С.103-109.

[28]. Мирсаидов, У.М. О возможности добычи урана из хвостохранилищ и шахтных вод месторождения Киик-Тал в Таджикистане / У.М. Мирсаидов, Н. Хакимов // Доклады АН Республики Таджикистан. -2005. -Т.48. -№1. – С.44-46.

[29]. Усовершенствование технологии получения U_3O_8 из отходов урановой промышленности / Н. Хакимов, Б.Б. Баротов, И.У. Мирсаидов [и др.] // XII Международная научная конференция «Сахаровские чтения 2012 года: экологические проблемы 21 века». – Минск, 2012. – С.68-69.

[30]. Вторичная переработка хвостов техногенного месторождения северного Таджикистана / Х.М. Назаров, И.У. Мирсаидов, Б.Б. Баротов, М.З. Ахмедов // XII Международная научная конференция «Сахаровские чтения 2012 года: экологические проблемы 21 века». – Минск, 2012. – С.69-70.

[31]. Выщелачивание хвостов из «Фабрики бедных руд» / Н.Н. Рахматов, Н. Хакимов, Х.М. Назаров, А.М. Баротов // Международный семинар «Урановое наследие Советского Союза в Центральной Азии: проблемы и решения». – Душанбе, 2012. – С.73-74.

[32]. О возможности переработки отходов урановой промышленности Таджикистана / Н. Хакимов, Б.Б. Баротов, И.У. Мирсаидов [и др.] // Международный семинар «Урановое наследие Советского Союза в Центральной Азии: проблемы и решения». – Душанбе, 2012. – С.43-47.

[33]. Оценка состояния бывших урановых объектов и текущей деятельности по их реабилитации / Н. Хакимов, А. Адхамов, И.У. Мирсаидов, Х.М. Назаров // Международный семинар «Урановое наследие Советского Союза в Центральной Азии: проблемы и решения». – Душанбе, 2012. – С.48-50.

[34]. Физико-химические основы получения урановых концентратов из отходов гидрометаллургических заводов и технических вод / Н. Хакимов, Х.М. Назаров, И.У. Мирсаидов [и др.] // Международный семинар «Урановое наследие Советского Союза в Центральной Азии: проблемы и решения». – Душанбе, 2012. – С.79-80.

[35]. Осаждение диураната аммония из десорбата / Х.М. Назаров, Н. Хакимов, Б.Б. Баротов [и др.] // Доклады АН Республики Таджикистан. -2011. -Т.54. - №8. – С.657-660.

[36]. Отчет МАГАТЭ «Безопасное управление отходам добычи и переработки урановых руд в странах Центральной Азии» (Региональный проект RER/9/086). – Вена, Австрия, 2009. – С.10.

[37]. Бобоев, Б.Д. Физико-химические основы миграции урана в системе «Дренажные воды-почва» на примере хвостохранилищ №1-2 г. Табошара Республики Таджикистан: дис. ... канд. хим. наук / Б.Д. Бобоев. – Душанбе, 2010. – 25 с.

[38]. Хакимов, Н. Использование местных материалов в качестве сорбентов для извлечения урана из сточных шахтных и технических вод горнодобывающих предприятий / Н. Хакимов, И.У. Мирсаидов, Х.М. Назаров // Горный журнал. - 2011. -№12. – С.60-63.

[39]. Перспективы переработки урансодержащих отходов горной промышленности Таджикистана / И.У. Мирсаидов, Х.М. Назаров, Н. Хакимов [и др.] // Доклады АН Республики Таджикистан. -2013. -Т.56. -№3. – С.222-227.

[40]. Мирсаидов, И.У. Исследование сорбционных свойств скорлупы урюка / И.У. Мирсаидов, Н. Хакимов, Х.М. Назаров // Доклады АН Республики Таджикистан. -2007. -Т.50. -№1. – С.46-50.

[41]. Конструкционные особенности аппарата для сорбции урана из шахтных и технических вод / Н. Хакимов, Х.М. Назаров, И.У. Мирсаидов, С. Гафуров // Известия АН Республики Таджикистан. Отд. физ.-мат., хим. и геол. наук. -2007. -№3(128). – С.78-82.

[42]. Кинетика процесса сорбции урана скорлупой урюка / Х.М. Назаров, И.У. Мирсаидов, Б.Б. Баротов, Н. Хакимов // Доклады АН Республики Таджикистан. -2007. -Т.50. -№6. – С.532-535.

[43]. Извлечение урана из шахтных и технических вод отходов урановой промышленности / Н. Хакимов, И.У. Мирсаидов, Б.Б. Баротов, Х.М. Назаров // Доклады АН Республики Таджикистан. -2007. -Т.50. -№8. – С.703-706.

[44]. Суфиев, А.З. Характеристика шахтных вод месторождения Киик-Тал (Таджикистан) / А.З. Суфиев, И.У. Мирсаидов, В.М. Миряхъяев // Доклады АН Республики Таджикистан. -2008. -Т.51. -№2. – С.119-121.

[45]. Мирсаидов, И.У. Характеристика технических урансодержащих вод в северном Таджикистане / И.У. Мирсаидов, В.М. Миряхъяев, А.З. Суфиев // Доклады АН Республики Таджикистан. -2008. -Т.51. -№3. – С.200-202.

[46]. Скорлупа урюка как индикатор урана / И.У. Мирсаидов, О.В. Бобошина, Н. Хакимов, Б.Б. Баротов // Доклады АН Республики Таджикистан. -2008. -Т.51. -№12. – С.824-826.

[47]. Баротов, Б.Б. Физико-химические и технологические основы получения урановых концентратов из местных сырьевых материалов: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Б.Б. Баротов. – Душанбе, 2011. – 19 с.

[48]. Технология извлечения урана из рассолов с высоким содержанием хлор-иона / Н. Хакимов, Х.М. Назаров, И.У. Мирсаидов, Б.Б. Баротов / В сборнике: Радиологический мониторинг биосреды и радиационная безопасность Таджикистана. – Душанбе, 2010. – С.138-143.

[49]. Жуковский, М.В. Радон: Измерение, дозы, оценка риска / М.В. Жуковский, И.В. Ярмошенко. – Екатеринбург: УрО РАН ИПЭ, 1997. – 231 с.

[50]. Крисюк, Э.М. Радиационный фон помещений / Э.М. Крисюк. – М: Энергоатомиздат, 1989. – 257 с.

[51]. Новиков, Г.Ф. Радиометрическая разведка / Г.Ф. Новиков. – Л.: Недра, 1989. – 404 с.

[52]. Публикация 65 МКРЗ «Защита от радона-222 в жилых зданиях и на рабочих местах». – М.: Энергоатомиздат, 1995. – 78 с.

[53]. Радиация: Дозы, эффекты, риск / Пер. с англ. – М.: Мир, 1988. – 79 с.

[54]. Уткин, В.И. Газовое дыхание Земли / В.И. Уткин // Соросовский образовательный журнал. -1977. -№1. – С.57-64.

[55]. Белозерский, Г.Н. Радиационная экология / Г.Н. Белозерский. – М.: Академия, 2008. – 383 с.

[56]. Сахаров, В.К. Радиоэкология: Учебное пособие / В.К. Сахаров. – СПб., 2006. – 206 с.

[57]. Василенко, О.И. Радиационная экология / О.И. Василенко. – М.: Медицина, 2004. – 216 с.

[58]. Салдан, И.П. Гигиеническая оценка риска здоровья населения модельных территорий Алтайского края от комплекса природных радионуклидов / И.П. Салдан, Б.А. Баландович, Н.Ю. Поцелуев // Здоровье населения и среда обитания. -2013. -№7(244). – С.7-9.

[59]. Салдан, И.П. Гигиеническая оценка радиационного риска эманаций радона на территории Алтайского края / И.П. Салдан, Б.А. Баландович, Н.Ю. Поцелуев // Гигиена и санитария. -2014. -№2. – С.44-48.

[60]. Гигиеническая оценка индивидуальных годовых доз природного облучения населения модельных территорий Алтайского края / Н.Ю. Поцелуев, И.П. Салдан, Б.А. Баландович [и др.] // Радиационная гигиена. -2016. -Т.9. -№3. – С.28-35.

[61]. Кононенко, Д.В. Оценка риска при облучении радоном для населения субъектов РФ на основе данных радиационно-гигиенического паспорта территории / Д.В. Кононенко, Т.А. Кормановская // Радиационная гигиена.- 2015. -Т.8. -№4. – С.15-22.

[62]. Анализ сведений о дозах внешнего терригенного облучения населения РФ в коммунальных условиях / И.П. Стамат [и др.] // Радиационная гигиена. - 2015. -Т.8. -№3. – С.33-46.

[63]. Росоловский, А.П. Радиологическая оценка некоторых природных источников ионизирующего излучения на территории Новгородской области / А.П. Росоловский // Радиационная гигиена. -2015. -Т.8. -№3. – С.62-66.

[64]. Стамат, И.П. Ограничение облучения населения за счет природных источников излучения в зданиях. Проект новых стандартов безопасности МАГАТЭ / И.П. Стамат // Радиационная гигиена. -2013. -Т.6. -№2. – С.27-30.

[65]. Пивоваров, Е.А. Радиационно-гигиеническая оценка источников хозяйственно-питьевого водоснабжения населения на территории Республики Хакасия / Е.А. Пивоваров, А.А. Пивоваров // Радиационная гигиена. -2016. -Т.9. -№3. – С.61-68.

[66]. Салдан, И.П. Гигиеническая оценка удельной активности природных радионуклидов в воде источников питьевого водоснабжения / И.П. Салдан, Б.А.

Баландович, Н.Ю. Поцелуев // Здоровье населения и среда обитания. -2015. -№10. – С.29-34.

[67]. Горбанев, С.А. Радиационная-гигиеническая оценка питьевой воды на территории Ленинградской области / С.А. Горбанев, Л.А. Еремина, И.П. Стамат // Санитарный врач. -2012. -№8. – С.55-58.

[68]. Оценка доз облучения населения Северо-Западного региона России за счет потребления питьевой воды / М.В. Кашка [и др.] // Радиационная гигиена. - 2010. -Т.3. -№1. – С.23-27.

[69]. Гигиена среды обитания в Красноярском крае / А.М. Василевский [и др.]. – Новосибирск: Наука, 2015. – С.147.

[70]. Воронов, С.И. Обеспечение безопасности проживания населения на радиоактивно загрязненных территориях / С.И. Воронов // Радиационная гигиена. - 2016. -Т.9. -№2. – С.20-25.

[71]. Воронов, С.И. Радиоэкологический мониторинг / С.И. Воронов // Мониторинг: Наука и безопасность. -2011. -№1. – С.52-53.

[72]. Воронов, С.И. Основные направления и задачи в области преодоления последствий радиоактивного загрязнения территории в результате аварии на Чернобыльской атомной станции / С.И. Воронов, В.А. Седнев // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. -2016. -№1. – С.30-36.

[73]. Воронов, С.И. Основные направления развития радиоактивно-загрязненных территорий, пострадавших в результате аварии на Чернобыльской атомной станции. / В.А. Воронов, В.А. Седнев, А.И. Овсяник // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращения, ликвидация. -2016. -№3. – С.4-13.

[74]. Воронов, С.И. 30 лет Чернобыльской аварии. Итоги и перспективы преодоления ее в России // Российский национальный доклад Чернобыльской аварии, 2016. – 202 с.

[75]. Основы организации и обеспечения радиационной безопасности населения: Учебник для вузов МЧС России / Р.В. Арутюнян [и др.]. – М.: ИБРАЭ РАН, АГПСМЧС РФ, 2012. – 401 с.

[76]. Кононенко, Д.В. Оценка радиационного риска для населения Санкт-Петербурга при облучении радоном / Д.В. Кононенко // Радиационная гигиена. - 2013. -Т.5. -№1. – С.31-37.

[77]. Кононенко, Д.В. Оценка риска при облучении радоном для населения Российской Федерации на основе данных радиационно-гигиенического паспорта территории / Д.В. Кононенко, Т.А. Кормановская // Радиационная гигиена. -2015. -Т.8. -№4. – С.15-22.

[78]. Кононенко, Д.В. Анализ применимости существующих моделей расчета риска при облучении радоном для оценки эффективности радонозащитных мероприятий в детских образовательных учреждениях / Д.В. Кононенко // Радиационная гигиена. -2014. -Т.7. -№4. – С.92-98.

[79]. Неопределенность результатов контроля радона в помещениях. – Ч.2. Экспериментальная оценка определенности временных вариаций радона / А.А. Цапалов, С.М. Киселев, А.М. Маренный [и др.] // Радиационная гигиена. -2018. -Т.11. -№1. – С.64-79.

[80]. Неопределенность результатов контроля радона в помещениях. – Ч.1. Проблема оценки содержания радона и современный принцип контроля / А.А. Цапалов, С.М. Киселев, А.М. Маренный [и др.] // Радиационная гигиена. -2018. -Т.11. -№1. – С.53-63.

[81]. Tsapalov, A. Indoor radon regulation using tabulated values of temporal radon variation / A. Tsapalov, K. Kovler // Journal of Environmental Radioactivity. -2018. -№183. – P.59-72.

[82]. Цапалов, А.А. Зависимость объемной активности радона в помещениях от разности внутренней и наружной температуры воздуха / А.А. Цапалов, С.И. Кувшинников // АНРИ. -2008. -№2. – С.37-43.

[83]. Цапалов, А.А. Оценка среднегодового уровня ЭРОА радона в помещениях на основе результатов краткосрочных измерений радиометром «АЛЬ-ФААЭРО» / А.А. Цапалов // АНРИ. -2008. -№3. – С.49-58.

[84]. Цапалов, А.А. Результаты долговременных исследований закономерностей поведения ОА и ЭРОА радона в зданиях московского региона / А.А. Цапалов // АНРИ. -2011. -№.3. – С.52-64.

[85]. Ярмошенко, И.В. Радон как фактор облучения населения России / И.В. Ярмошенко // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. -2017. -Т.2. – С.108-116.

[86]. Васильев, А.В. Радоновая безопасность современных многоэтажных зданий / А.В. Васильев, И.В. Ярмошенко, М.В. Жуковский // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. -2014. -Т.3. – С.19-25.

[87]. Vasilyev, A. Effect of energy-efficient measures in building construction on indoor radon in Russia / A. Vasilyev, I. Yarmoshenco // Rad. Prot. Dosim. -2016. -№174. – С.419-422.

[88]. Indoor radon problem in energy efficient multistory buildings / I. Yarmoshenco, A. Vasilyev, A. Onishchenco [et al.] // Rad. Prot. Dosim. -2014. -№160. – P.53-55.

[89]. Collignan, B. Development of a methodology to characterize radon entry in dwellings / B. Collignan, C. Lorkowski, R. Ameen // Building and Environ. -2012. -№57. – P.176-183.

[90]. Васильев, А.В. Радоновая безопасность современных многоэтажных различных классов энергетической эффективности / А.В. Васильев, И.В. Ярмошенко, М.В. Жуковский // Радиационная гигиена. -2018. -Т.11. -№1. – С.80-84.

[91]. Сулейманов, Е.В. Радиоактивность в окружающей среде. Радиационный фон внутри помещений: Учебное пособие / Е.В. Сулейманов, А.О. Коршунов. – Нижний Новгород, 2012. – 31 с

[92]. Nazarov, W.W. Radon transport from soil to air / W.W. Nazarov // Rev. Geophys. -1992. -V.30. – P.137-160.

[93]. Киселев, С.М. Радон: от фундаментальных исследований к практике регулирования / С.М. Киселев, М.В. Жуковский, И.П. Стамат. – М.: Изд. «ФГБУГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России», 2016. – 432 с.

[94]. Short- and long-term variability of radon progeny concentration in dwellings in the Czech Republic / M. Slezakova, K. Navratilova, K. Rovenska, L. Tomasek // *Radiat. Prot. Dosimetry*. -2013. -V.153. – P.334-341.

[95]. Онищенко, А.Д. Влияние строительных характеристик зданий на накопление радона в детских дошкольных учреждений Свердловской области / А.Д. Онищенко, А.В. Васильев, Г.П. Малиновский // *Радиационная гигиена*. -2018. -Т.11. -№2. – С.28-36.

[96]. Meyer, W. Impact of constructional energy saving measures on radon levels indoors / W. Meyer // *Indoor air*. -2019. -V.29. – P.680-685.

[97]. Collignan, B. Relationships between indoor radon concentrations, thermal retrofit and dwelling characteristics / B. Collignan, E.L. Ponner, C. Mandin // *J. Environ. Radioact.* -2016. -V.165. – P.124-130.

[98]. Fojtikova, I. Influence of energy-saving measures on the radon concentration in some kindergartens in the Czech Republic / I. Fojtikova, K. Navratilova, K. Rovenska // *Radiat. Prot. Dosimetry*. -2014. -V.160. – P.149-153.

[99]. Строительные материалы как источник радона в зданиях, построенных по современным технологиям / А.В. Васильев, М.В. Жуковский, А.Д. Онищенко, А.А. Вишневецкий // *Строительные материалы*. -2013. -№4. – С.104-107.

[100]. Проблема облучения радоном в зданиях повышенного класса энергоэффективности / И.В. Яρμοшенко, Г.П. Малиновский, А.Д. Онищенко, А.В. Васильев // *Радиационная гигиена*. -2019. -Т.12. -№4. – С.56-65.

[101]. Проблема облучения радоном в зданиях повышенного класса энергоэффективности / И.В. Яρμοшенко, А.Д. Онищенко, Г.П. Малиновский [и др.] // *Радиационная гигиена*. -2020. -Т.13. -№2. –С.47-56.

[102]. Восстановление формы и параметров распределения объемной активности радона в жилищах России на основе данных 4-ДОЗ / И.В. Яρμοшенко, Г.П. Малиновский, А.В. Васильев, М.В. Жуковский // *АНРИ*. -2015. -№3. – С.41-46.

[103]. Крисюк, Э.М. Новая стратегия обеспечения радиационной безопасности населения. / Э.М. Крисюк // *АНРИ*. -1998. -№1(12). – С.4-11.

[104]. Рыжакова, Н.К. Проблемы оценки потенциальной радоноопасности участков застройки / Н.К. Рыжакова, К.О. Ставицкая, А.А. Удалов // Радиационная гигиена. -2018. -Т.11. -№2. – С.37-44.

[105]. The european map of the geogenic radon potential / V. Gruber, P. Bossew, M. DeCort, T. Tollefsen // J. Radiol. Prot. -2013. -V.33. -№1. –P.51-60.

[106]. Neznal, M. The new method for Assessing the Radon Risk of Building Sites / M. Neznal, M. Neznal // Czech Geological Survey Special Papers. -2004. -V.16. – P.7-47.

[107]. Matiullah, M.F. Radon exhalation and its dependence on moisture content from samples of soil and building materials / M.F. Matiullah // Radiation Measurements. -2008. -V.43. – P.157-169.

[108]. Ryzhakova, N.K. A new method for estimating the coefficients of diffusion and emanation of radon in the soil / N.K. Ryzhakova // Journal of Environmental Radioactivity. -2014. -V.135. – P.63-66.

[109]. Рыжакова, Н.К. Методы и результаты измерения эффективного коэффициента диффузии радона в почвогрунтах / Н.К. Рыжакова, А.П. Шестак // Геоэкология, инженерная геология, гидрогеология, геокриология. -2009. -№6. – С.555-563.

[110]. Гулабянц, Л.А. Мощность «активного» слоя грунта при диффузионном переносе радона в грунтовом основании здания / Л.А. Гулабянц, Б.Ю. Заболотский // АНРИ. -2001. -№4. – С.38-40.

[111]. Рыжакова, Н.К. Новый подход к проблеме оценки радоноопасности участков застройки / Н.К. Рыжакова, К.О. Ставицкая, А.А. Удалов // Радиационная гигиена. -2020. -Т.13. -№2. – С.57-64.

[112]. Закономерности формирования радонового поля в геологической среде / А.М. Маренный, А.А. Цапалов, П.С. Микляев, Т.Б. Петрова. – М.: Перо, 2016. – 394 с.

[113]. Задачи и методы радиационного контроля при строительстве зданий / И.В. Павлов, Л.А. Гулабянц, А.М. Маренный, С.Е. Охрименко // АНРИ. -2003. -№3. – С.2-12.

[114]. Микляев, П.С. Новые аспекты оценки радоноопасности территорий городской застройки / П.С. Микляев, Т.Б. Петрова, С.Е. Охрименко // АНРИ. - 2003. -№4. – С.63-71.

[115]. Маренный, А.М. Задачи и методы оценки потенциальной радоноопасности селитебных территорий / А.М. Маренный, С.Е. Охрименко, И.В. Павлов // АНРИ. -2006. -№2. – С.25-30.

[116]. Микляев, П.С. Механизмы формирования потока радона с поверхности почв и подходы к оценке радоноопасности селитебных территорий / П.С. Микляев, Т.Б. Петрова // АНРИ. -2007. -№2. – С.2-16.

[117]. Маренный, А.М. Радон в инженерно-экологических изысканиях для строительства. / А.М.Маренный // АНРИ. 2008. №.2. – С.21-28.

[118]. Районирование территории России по степени радоноопасности / В.А. Максимовский, М.Г. Харламов, А.В. Мальцев [и др.] // АНРИ. -1996/97. - №3(9). – С.66-73.

[119]. Романович, И.К. Результаты выборочного исследования содержания радона в помещениях детских дошкольных и школьных организаций Ленинградской области / И.К. Романович, И.П. Стамат, Т.А. Кормановская // Здоровье населения и среда обитания. -2017. -№10(295). –С.46-49.

[120]. Киселев, С.М. Эволюция подходов МКРЗ к регулированию защиты населения от радона / С.М. Киселев // Медицинская радиология и радиационная безопасность. -2016. -Т.61. -№2. – С.70-74.

[121]. Киселев, С.М. Формирование современной методологии регулирования защиты населения от облучения радоном / С.М. Киселев // Гигиена и санитария. -2017. -Т.96. -№1. – С.52-56.

[122]. Маренный, А.М. Радоновое обследование в Челябинской области в 2008-2011 гг. Анализ территориальной рентабельности объемной активности радона / А.М. Маренный, Д.В. Кононенко, А.Е. Труфанова // Радиационная гигиена. -2020. -Т.13. №3. – С.51-67.

[123]. Рекомендации по уменьшению концентрации радона в воде родников и скважин Джаббор Расуловского района / Х.М. Назаров, Б.Д. Бобоев, Дж.А. Са-

ломов, К.А. Эрматов // Известия АН Республики Таджикистан. Отд. физ.-мат., хим., геол. и техн наук. -2015. -№2(159). – С.83-86.

[124]. Назаров, Х.М. Пути уменьшения концентрации радона в питьевой воде / Х.М. Назаров, Б.Д. Бобоев, К.А. Эрматов // VII Международная научно-техническая конференция, посвященная 85-летию ДВНЗ УГХТУ «Современные проблемы технологии неорганических веществ и ресурсосбережение». – Днепропетровск, Украина, 2015. – С.22-23.

[125]. Назаров, Х.М. Пути уменьшения концентрации радона в воде родников и скважин Джаббор Расуловского района / Х.М. Назаров, Б.Д. Бобоев, К.А. Эрматов // Республиканская научно-практическая конференция «Роль молодежи в развитии отечественной науки»: Сборник статей и тезисов. – Душанбе, АН РТ. 2015. – С.116-119.

[126]. Концентрации радона в питьевой воде и её очищение от радона / К.А. Эрматов, Б.Д. Бобоев, С.В. Муминов [и др.] // Республиканская научно-практическая конференция «Проблемы материаловедения в машиностроении Республики Таджикистан», посвященная Дню химика и 80-летию со дня рождения д.т.н., проф., академика Международной инженерной академии и инженерной академии Республики Таджикистан А.В. Вахобова. – Душанбе, 2016. – С.228-229.

[127]. Содержания радона в воздухе Спитаменского района республики Таджикистан / Х.М. Назаров, Б.Д. Бобоев, К.А. Эрматов [и др.] // Доклады АН Республики Таджикистан. -2018. -Т.61. -№3. – С.293-295.

[128]. Временная динамика концентрация радона в жилых помещениях / Н.Н. Рахматов, Х.М. Назаров, К.А. Эрматов, Б.Д. Бобоев // X Международная научно-практическая конференция «Найновите постижения на европейската наука». Т.18. Биология. Экология. Здание и архитектура. – София: «Бял ГРАД-БГ» ООД, 2014. -Т.18. – С.82-85.

[129]. Назаров, Х.М. Пути уменьшения концентрации радона в воде родников и скважин Джаббор Расуловского района / Х.М. Назаров, Б.Д. Бобоев, К.А. Эрматов // Республиканская научно-практическая конференция «Роль молодежи в

развитии отечественной науки»: Сборник статей и тезисов. – Душанбе, АН РТ, 2015. – С.116-119.

[130]. Концентрации радона в питьевой воде и ее очищение от радона / К.А. Эрматов, Х.М. Назаров, Б.Д. Бобоев [и др.] // Республиканская научно-практическая конференция «Проблемы материаловедения в машиностроении Республики Таджикистан», посвященная Дню химика и 80-летию со дня рождения д.т.н., проф., академика Международной инженерной академии и инженерной академии РТ А.В. Вахобова. – Душанбе, 2016. – С.228-229. Повтор с 126

[131]. Назаров, Х.М. Уменьшение содержание радона в воде с высокой концентрацией радона / Х.М. Назаров, Б.Д. Бобоев, К.А. Эрматов // Научно-практическая конференция «Развитие естественных наук в период Независимости Республики Таджикистан». – Бустон, Республика Таджикистан, 2017. – С.22-24.

[132]. Назаров, Х.М. Автодегазация радонового газа из воды / Х.М. Назаров, Б.Д. Бобоев, К.А. Эрматов // II Международная научно-практическая конференция «Роль молодых ученых в развитии науки, инноваций и технологий». – Душанбе, АН РТ, 2017. – С.68-71.

[133]. Мониторинг водной миграции урана и радона / Х.М. Назаров, К.А. Эрматов, И.У. Мирсаидов [и др.] // XVIII Международная научная конференция «Сахаровские чтения 2018 года: экологические проблемы XXI века»: в 3-х ч. – Минск, Республика Беларусь, 2018. – С.246.

[134]. Оценка радоноопасности территории Северного Таджикистана / Х.М. Назаров, У.М. Мирсаидов, К.А. Эрматов, С.М. Бахронов // Международная научно-практическая конференция «Актуальные вопросы радиационной гигиены». – Санкт-Петербург, 2018. –С.204-206.

[135]. Захарченко, Г.Л. Результаты радиационно-гигиенического мониторинга на территории Орловской области / Г.Л. Захарченко // III Всероссийская конференция с международным участием «Профилактическая медицина -2013». – Спб., 2013. – С.280-281.

[136]. Захарченко, Г.Л. Радиационная обстановка на территории Орловской области, подвергшейся радиоактивному загрязнению вследствие аварии на Чер-

нобыльской АЭС / Г.Л. Захарченко // Радиационная гигиена. -2011. -Т.4. -№2. – С.120-124.

[137]. Состояние радиационной обстановки на территории Орловской области, подвергшейся радиоактивному загрязнению вследствие аварии на Чернобыльской АЭС / Г.Л. Захарченко, Е.Н. Переверзева, А.А. Васильев [и др.] // Радиационная гигиена. -2016. -Т.9. -№2. – С.56-62.

[138]. Чичура, Т.М. Радиационно-гигиенический мониторинг и оценка доз облучения населения, проживающего на радиоактивно-загрязненных территориях Тульской области / Т.М. Чичура, А.Э. Ломовцев, А.Ю. Хожайнов // Радиационная гигиена. -2016. -Т.9. -№2. – С.63-68.

[139]. Radioactive pollution of the Obriver system from Urals nuclear enterprise «Mayak» / A. Trapeznikov, A. Aarkrog, V. Pozolotina [et al.] // J. Environ. Radioactivity. -1994. -V.2. – P.85-98.

[140]. Радиоэкологические исследования Обь-Иртышской речной системы на территории Ханты-Мансийского автономного округа / А.В. Трапезников, А.В. Коржавин, Н. Трапезникова [и др.] // Вопросы радиационной безопасности. -2009. Спецвыпуск 1. – С.73-85.

[141]. Радиоэкологический мониторинг пресноводных экосистем / А.В. Трапезников, В.Н. Трапезникова, А.В. Коржавин, В.Н. Николкин. – Екатеринбург: Академ. наука, 2016. -Т.1. – 496 с.

[142]. Радиоэкологический мониторинг пресноводных экосистем / А.В. Трапезников, В.Н. Трапезникова, А.В. Коржавин, В.Н. Николкин. – Екатеринбург: Академ. наука, 2016. -Т.II. – 480 с.

[143]. Радиационно-гигиеническая оценка содержания и распределения ^{90}Sr и ^{137}Cs в ихтиофауне Обь-Иртышской речной системы / А.В. Трапезников, В.Н. Николкин, А.В. Коржавин, В.Н. Трапезникова // Радиационная гигиена. -2019. -Т.12. -№3. – С.16-26.

[144]. Заряева, Е.В. Гигиеническая оценка радиационного фактора на территории в Воронежской области / Е.В. Заряева, М.К. Кузмичев // Вестник новых медицинских технологий. -2011. -Т.18. -№2. – С.478-480.

[145]. Заряева, Е.В. Вклад рентгено-диагностических процедур в коллективную суммарную дозу облучения населения Воронежской области / Е.В. Заряева, М.К. Кузмичев // Ученые записки Орловского государственного университета. -2011. -№5. – С.9-13.

[146]. Шацкий, И.Г. Оценка доз медицинского облучения при рентгенографических стоматологических исследованиях / И.Г. Шацкий // Радиационная гигиена. -2019. -Т.12. -№3. – С.69-77.

[147]. Мониторинг индивидуальных доз облучения сотрудников рентгенкабинетов стоматологических поликлиник г. Душанбе Республики Таджикистан / Н.У. Хакимова, Е.Ю. Малышева, Ш.Г. Шосафарова, У.М. Мирсаидов // Радиационная гигиена. -2016. -Т.9. -№1. –С.58-60.

[148]. Сравнительный анализ внешнего облучения различных профессиональных групп медперсонала г. Душанбе Республики Таджикистан / Н.У. Хакимова, Е.Ю. Малышева, Ш.Г. Шосафарова, У.М. Мирсаидов // Радиационная гигиена. -2019. -Т.12. -№4. – С.78-81.

[149]. Радоновый мониторинг на территории Северного Таджикистана / У.М. Мирсаидов, Х.М. Назаров, Ш.Г. Шосафарова, М.М. Махмудова // Радиационная гигиена. -2020. -Т.13. -№1. – С.68-73.

[150]. Хакимова, Н.У. Дозы облучения персонала в радиационной диагностике / Н.У. Хакимова, Е.Ю. Малышева, Ш.Г. Шосафарова // Доклады АН Республики Таджикистан. -2009. -Т.52. -№11. –С.899-901.

[151]. Хакимова, Н.У. Анализ данных индивидуального дозиметрического контроля сотрудников таможенной службы, относящихся к группе «А» / Н.У. Хакимова, Е.Ю. Малышева, Ш.Г. Шосафарова // Известия АН Республики Таджикистан. -2015. -№2(159). – С.93-96.

[152]. Анализ внешнего облучения различных профессиональных групп медперсонала города Душанбе / Н.У. Хакимова, Е.Ю. Малышева, Ш.Г. Шосафарова [и др.] // XV Нумановские чтения «Академик И.У.Нуманов и развитие химической науки в Таджикистане». – Душанбе, Институт химии им. В.И.Никитина АН РТ, 2019. – С.161-162.

[153]. Анализ индивидуального мониторинга внешнего облучения медперсонала в Республике Таджикистан / Ш.Г. Шосафарова, Н.У. Хакимова, Е.Ю. Малышева, У.М. Мирсаидов // Республиканская конференция «Современные проблемы физики конденсированного состояния и ядерной физики». – Душанбе, ТНУ, 2020. – С.265-268.

[154]. Радиационно-гигиенический мониторинг на объектах уранового наследия северного Таджикистана / У.М. Мирсаидов, М.З. Ахмедов, М.М. Махмудова, Ш.Г. Шосафарова // XIX Международная научная конференция «Сахаровские чтения 2019 года: экологические проблемы XXI века». – Минск, Республика Беларусь, 2019. -Ч.2. – С.276-279.

[155]. Шосафарова, Ш.Г. Оценка доз облучения различных профессиональных групп медперсонала и населения, проживающего на радоноопасных территориях: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Ш.Г. Шосафарова. – Душанбе, 2021. – 25 с.

[156]. Сузыко, О.В. Поступление ^{137}Cs и ^{90}Sr в почвы культур из торфяных почв в отдалённый период после аварии / О.В. Сузыко, П.В. Арастович, Н.В. Головешкин // VII Международная научная конференция «Сахаровские чтения 2007 года: экологические проблемы XXI века». – Минск, МГЭУ им.Сахарова, 2007. – С.180.

[157]. Гуланов, А.В. Динамика содержания ^{137}Cs в мышечной ткани наиболее распространённых видов диких копытных / А.В. Гуланов // VII Международная научная конференция «Сахаровские чтения 2007 года: экологические проблемы XXI века». – Минск, МГЭУ им.Сахарова, 2007. –С.154.

[158]. Особенности распределения ^{137}Cs и ^{90}Sr на территории Республики Беларусь после аварии на ЧАЭС / С.П. Жевнеров, М.Г. Герменчук, Ю.Н. Госинов, М.А. Подгайская // VII Международная научная конференция «Сахаровские чтения 2007 года: экологические проблемы XXI века». – Минск, МГЭУ им.Сахарова, 2007. – С.157.

[159]. Зарубина, Н.Е. Особенности сезонного накопления ^{137}Cs грибами на территориях, загрязнённых в результате аварии на ЧАЭС / Н.Е. Зарубина // VII

Международная научная конференция «Сахаровские чтения 2007 года: экологические проблемы XXI века». – Минск, МГЭУ им.Сахарова, 2007. –С.158.

[160]. Калинин, В.Н. Содержание ^{137}Cs и ^{90}Sr в мёде Белорусской части зоны отчуждения ЧАЭС // В.Н. Каланин, В.Н. Забродский, В.И. Садчиков // XVIII Международная научная конференция «Сахаровские чтения 2018 года: экологические проблемы XXI века». – Минск, МГЭУ им.Сахарова, 2018. Ч.2. –С.211.

[161]. Кадчиков, В.И. Накопление ^{137}Cs и ^{90}Sr в органических тканях волка, обитающего в Белорусской части зоны отчуждения ЧАЭС // В.И. Кадчиков, В.Н. Забродский, В.Н. Каланин // XVIII Международная научная конференция «Сахаровские чтения 2018 года: экологические проблемы XXI века». – Минск, МГЭУ им.Сахарова, 2018. -Ч.2. – С.236.

[162]. Домненкова, А.В. Радиационный контроль лесной продукции / А.В. Домненкова, И.А. Карбанович // XVIII Международная научная конференция «Сахаровские чтения 2018 года: экологические проблемы XXI века». – Минск, МГЭУ им. Сахарова, 2018. -Ч.2. – С.246.

[163]. Особенности распределения радиоактивных изотопов в горных и предгорных районах Центрального Таджикистана / Д.А. Абдушукуров, Д.М. Абдусаидов, А.А. Джураев, З.В. Кобулиев / Вестник КРСУ. -2018. -Т.18. -№2. – С.101-107.

[164]. Буриев, Н.Н. Исследование образцов мха при изучении процесса осаждения техногенных радионуклидов в условиях высокогорья / Н.Н. Буриев, Н.Т. Буриев, Т.А. Хасанов // Символ науки. -2016. -№9. – С.10-12.

[165]. Буриев, Н.Н. Особенности осаждения техногенных радионуклидов в условиях высокогорья и их миграция в пищевые дикорастущие растения / Н.Н. Буриев, Н.Т. Буриев, Т.А. Хасанов / Символ науки. -2016. -№8. – С.9-11.

[166]. Буриев, Н.Н. Оценка скорости осаждения техногенных радионуклидов в условиях высокогорья / Н.Н. Буриев, Н.Т. Буриев, Т.А. Хасанов // Символ науки. -2016. -№8. – С.12-14.

[167]. Рахимова, Н.Н. Миграционные способности радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в различных типах почв / Н.Н. Рахимова, И.В. Ефремов, Е.Л. Горшенина // Вестник Оренбургского государственного университета. -2015. -№10. –С.412-415.

[168]. Абдуллоев, С.Ф. Комплексные исследования пыльных и газовых примесей в аридных зонах и их влияние на региональный климатический режим юго-восточной части Центральной Азии: автореф. дис ... д-ра физ.-мат. наук / С.Ф. Абдуллоев. – Санкт-Петербург, 2014.

[169]. Кодырова, Х.М. Анализ почв и атмосферного пылевого аэрозоля Таджикистана / Х.И. Кодырова, Б.И. Назаров, С.Ф. Абдуллоев // Доклады АН Республики Таджикистан. -2015. -Т.58. -№9. – С.819-826.

[170]. Жук, И.В. Радон в воздухе жилых помещений на территории Беларуси / И.В. Жук, А.А. Сафронова, М.В. Конопелько // XIX Международная научная конференция «Сахаровские чтения 2019 года: экологические проблемы XXI века». – Минск, 2019. -Ч.2. – С.256-259.

[171]. Левин, М.Н. Природный радиационный фон: Учебное пособие для вузов / М.Н. Левин, О.П. Негроров, В.Р. Гитлин. -Воронеж, 2000.

[172]. Старков, В.Д. Радиационная экология / В.Д. Старков, В.И. Мигунов. - Тюмень: ФГУ ИПП «Тюмень», 2003.

[173]. Нормы радиационной безопасности (НРБ-06): Санитарные нормы и правила СанПин 2.6.1.001-06. Утверждены Приказом директора Агентства по ядерной и радиационной безопасности АН Республики Таджикистан от 25.12.2006 г. №12. Зарегистрировано в Министерстве юстиции Республики Таджикистан 16 января 2007 г., регистрационный №237.

[174]. Белоусова, И.М. Естественная радиоактивность / И.М. Белоусова, Ю.М. Штуккенберг. – М.: Медгиз, 1961.

[175]. Перельман, А.И. Геохимия ландшафта / А.И. Перельман, Н.С. Касимов. -М.: Астрей-2000. 1999.

[176]. Национальная Программа по борьбе с опустыниванием в Таджикистане. – Душанбе, 2000. -184 с.

[177]. ГОСТ 17.4.3.01-2017. Охрана природы (ССОП). Почвы. Общие требования к отбору проб. Межгосударственный стандарт. – М.: Стандартинформ, 2018. - 9 с.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи, опубликованные в научных журналах, рекомендованных ВАК при Президенте Республики Таджикистан

[1-А]. Муминов, С.В. Исследование содержания радона в атмосферном воздухе и в жилых помещениях города Душанбе Республики Таджикистан / И.У. Мирсаидов, Ф.А. Хамидов, Б.Б. Баротов, С.В. Муминов, А.М. Баротов // Доклады АН Республики Таджикистан. -2017. -Т.60. -№7-8. С.362-365.

[2-А]. Муминов, С.В. Оценка радоноопасности Б.Гафуровского района Республики Таджикистан / Х.М. Назаров, К.А. Эрматов, С.В. Муминов, С.М. Бахромов, И.У. Мирсаидов // Доклады АН Республики Таджикистан. -2017. -Т.60. -№9. – С.452-455.

[3-А]. Муминов, С.В. Содержание радона в воздухе Спитаменского района Республики Таджикистан / Х.М. Назаров, Б.Д. Бобоев, К.А. Эрматов, С.М. Бахромов, С.В. Муминов // Доклады АН Республики Таджикистан. -2018. -Т.61. -№3. – С.293-295.

[4-А]. Муминов, С.В. Изучение уровней содержания радона в зданиях дошкольных и школьных учреждений г. Душанбе Республики Таджикистан / С.В. Муминов, Б.Б. Баротов., М.М. Махмудова, Ф.А. Хамидов, М.З. Ахмедов, У.М. Мирсаидов // Радиационная гигиена. 2021;Т.14 -№:1 – С.124-132. Индексирован в системе Scopus.

[5-А]. Муминов, С.В. Содержание цезия-137 в почвенном покрове Центрального и Южного Таджикистана / С.В. Муминов, Б.Б. Баротов, У.М. Мирсаидов, Ш.Р. Муродов, Дж.А. Саломов, И. Мирсаидзода (И.У. Мирсаидов) // Радиационная гигиена. 2021;Т.14 -№:2 – С.66-71. Индексирован в системе Scopus.

[6-А]. Муминов, С.В. Муминов, С.В. Radon EEC in the Southern region’s pre-school and school institution’s buildings of the Republic of Tajikistan / U.M. Mirsaidov, S.V. Muminov, B.B. Barotov, I. Mirsaidzoda (I.U. Mirsaidov), Sh.R. Murodov // Mod-

ern Environmental Science and Engineering (ISSN 2333-2581), USA Academic Star Publishing Company, October 2021. Volume 7, No. 10. pp. 1010-1016. Индексирован в системе Scopus.

[7-А]. Муминов, С.В. Изучение содержание природных радионуклидов в почвах некоторых районов Таджикистана / С.В. Муминов // Доклады НАН Таджикистана. -2022; -Т.61. -№3. – С.293-295.

Публикации в материалах научных конференций и патенты на изобретение

[8-А]. Муминов, С.В. Концентрации радона в питьевой воде и её очищение от радона / К.А. Эрматов, Х.М. Назаров, Б.Д. Бобоев, С.В. Муминов, У. Мирсаидов // Материалы Республиканской научно-практической конференции «Проблемы материаловедения в машиностроении Республики Таджикистан», посвящ. Дню химика» и 80-летию со дня рождения д.т.н., проф., ак. Международной инженерной академии и Инженерной академии Республики Таджикистан А.В. Вахобова. – Душанбе, 2016. – С.228-229.

[9-А]. Муминов, С.В. Применение активированных бентонитовых глин для умягчения сточных вод / И.У. Мирсаидов, М.З. Ахмедов, С.В. Муминов, Х.М. Назаров // Материалы Республиканской научно-практической конференции «Проблемы материаловедения в машиностроении Республики Таджикистан», посвящ. Дню химика» и 80-летию со дня рождения д.т.н., проф., ак. Международной инженерной академии и Инженерной академии Республики Таджикистан А.В. Вахобова. – Душанбе, 2016. - С.229-231.

[10-А]. Муминов, С.В. Радиологический мониторинг хвостохранилищ Таджикистана и выделение уранового концентрата из отходов урановой промышленности / У.М. Мирсаидов, Ф.А. Хамидов, С.М. Бахронов, С.В. Муминов // Материалы XVII Международной научной конференции «Сахаровские чтения 2017 года: экологические проблемы 21 века». – Минск, 2017. -Ч.2. – С.96.

[11-А]. Муминов, С.В. Радоновый мониторинг некоторых районов Таджикистана / К.А. Эрматов, С.М. Бахронов, С.В. Муминов // Материалы XIV Нуманов-

ских чтений «Вклад молодых ученых в развитие химической науки». – Душанбе, 2017. – С.62-63.

[12-А]. Муминов, С.В. Общий анализ результатов проведения радонового мониторинга в северном Таджикистане / К.А. Эрматов, С.М. Бахронов, С.В. Муминов, Х.М. Назаров, У.М. Мирсаидов // Сборник научных статей XIV Международной научно-технической конференции «Наука, образование, производство в решении экологических проблем (Экология-2018)». – Уфа, 2018. -Т.1. – С.259-263.

[13-А]. Муминов, С.В. Накопление изотопа цезия-137 в почве за счёт атмосферных выпадений на юго-западе Таджикистана / С.В. Муминов, И.У. Мирсаидов, Б.Б. Баротов, С.М. Бахронов, У.М. Мирсаидов // Материалы II Международного научного форума «Ядерная наука и технологии». – Алматы, 2019. – С.177-178.

[14-А]. Муминов, С.В. Удельная суммарная активность радионуклидов в воде источников питьевого водоснабжения южных районов Республики Таджикистан / С.В. Муминов, Ш.Р. Муродов, Ф.С. Мухидинова, Б.Б. Баротов, И.У. Мирсаидов // Сборник материалов XV Нумановских чтений «Современное состояние химической науки и использование ее достижений в народном хозяйстве РТ». – Душанбе, 2019. – С.153-154.

[15-А]. Муминов, С.В. Радионуклиды в строительных материалах Таджикистана / С.В. Муминов, Б.Б. Баротов, Ф.А. Хамидов, М.Д. Бобоёров, И.У. Мирсаидов // Сборник материалов XV Нумановских чтений «Современное состояние химической науки и использование ее достижений в народном хозяйстве РТ». – Душанбе, 2019. - С.167-169.

[16-А]. Муминов, С.В. Радиационный мониторинг территории Пункта хранения радиоактивных отходов / С.В. Муминов, Б.Б. Баротов, Ф.А. Хамидов, А.А. Шоназаров, М.А. Баротов // Сборник материалов XV Нумановских чтений «Современное состояние химической науки и использование ее достижений в народном хозяйстве РТ». – Душанбе, 2019. - С.171-173.

[17-А]. Муминов, С.В. Радионуклидный мониторинг ущелья Алмасы Гиссарского района Республики Таджикистан / С.В. Муминов, Ш.Р. Муродов, Ф.А. Хамидов, Б.Б. Баротов, И.У. Мирсаидов // Материалы Республиканской научно-практической конференции «Современные проблемы физики конденсированное состояние и ядерная физика», посвященной 20-летию изучения и развития естественных, точных и математических наук в сфере науки и образования». – Душанбе, 2020. – С.237.

[18-А]. Муминов, С.В. Радиологическая карта населённых пунктов Республики Таджикистан / И.У. Мирсаидов, Ф.А. Хамидов, Б.Б. Баротов, С.В. Муминов, С.М. Бахронов // Материалы Республиканской научно-практической конференции «Современные проблемы физики конденсированное состояние и ядерная физика», посвященной 20-летию изучения и развития естественных, точных и математических наук в сфере науки и образования». – Душанбе, 2020. – С.278.

[19-А]. Муминов, С.В. Изучение содержания природных радионуклидов в почвах Юго-Западных и Восточных районов Республики Таджикистан / С.В. Муминов, Б.Б. Баротов, Ш.Р. Муродов, У.М. Мирсаидов // Материалы Республиканской научно-практической конференции «Современные проблемы физики конденсированное состояние и ядерная физика», посвященной 20-летию изучения и развития естественных, точных и математических наук в сфере науки и образования». – Душанбе, 2020. – С.303.

[20-А]. Муминов, С.В. Радионуклидный мониторинг ущелья Канаск Вахдатского района Республики Таджикистан / Б.Б. Баротов, Ф.А. Хамидов, С.В. Муминов, Ф.А. Назаров, У.М. Мирсаидов // Материалы Республиканской научно-практической конференции «Современные проблемы физики конденсированное состояние и ядерная физика», посвященной 20-летию изучения и развития естественных, точных и математических наук в сфере науки и образования». – Душанбе, 2020. – С.320.

[21-А]. Муминов, С.В. Радионуклидный мониторинг ущелья Камароб Раштского района Республики Таджикистан / С.В. Муминов, Б.Б. Баротов, Ф.А. Хамидов, Ш.Р. Муродов, И.У. Мирсаидов // Материалы Республиканской научно-

практической конференции «Современные проблемы физики конденсированное состояние и ядерная физика», посвященной 20-летию изучения и развития естественных, точных и математических наук в сфере науки и образования».– Душанбе, 2020. – С.323.

[22-А]. Муминов, С.В. Радионуклидный мониторинг местности Сари Хосор Балджувонского района Республики Таджикистан / Б.Б. Баротов, Ф.А. Хамидов, С.В. Муминов, М.З. Ахмедов, У.М. Мирсаидов // Материалы Республиканской научно-практической конференции «Современные проблемы физики конденсированное состояние и ядерная физика», посвященной 20-летию изучения и развития естественных, точных и математических наук в сфере науки и образования».– Душанбе, 2020. – С.326.

[23-А]. Муминов, С.В. Удельная суммарная активность природных радионуклидов в воде источников питьевого водоснабжения Хатлонской области Республики Таджикистан / С.В. Муминов, Б.Б. Баротов, Ф.Г. Мухиддинова, У.М. Мирсаидов // Материалы Республиканской научно-практической конференции «Современные проблемы физики конденсированное состояние и ядерная физика», посвященной 20-летию изучения и развития естественных, точных и математических наук в сфере науки и образования».– Душанбе, 2020. – С.329.

[24-А]. Муминов, С.В. Радиационно-гигиеническая оценка содержания и распределения цезия-137 в различных районах Таджикистана / У. М. Мирсаидов, С. В. Муминов, Б. Б. Баротов, Ш. Р. Муродов // Сахаровские чтения 2021 года: экологические проблемы XXI века, «Материалы 21-й международной научной конференции, 20–21 мая 2021 г., г. Минск, Республика Беларусь ИВЦ Минфина, 2021. – Ч. 2. С.283-286.

Патент Республики Таджикистан

[25-А]. Малый патент №ТJ 1277 Республики Таджикистан, Способ радиационного мониторинга урановых хвостохранилищ / **С.В. Муминов**, С.М Бахронов, Х.М. Назаров, Е.Ю. Малышева, М.З. Ахмедов, Б.Б. Баротов, У. Мирсаидов // -№ 2201627, заяв. 21.01.2022 г.

ПІЛОЖЕННЯ

УТВЕРЖДАЮ

Первый заместитель ректора, заместитель
 ректора по учебной работе
 Таджикского национального Университета
 д.э.н., проф. Собирзода Н.М.

«12» 09 2022 г.

АКТ ВНЕДРЕНИЯ

результатов научных исследований в учебный процесс

Заказчик-бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Таджикский национальный Университет», кафедра ядерной физики.

Настоящим актом подтверждается, что результаты исследований, выполненных по теме «Состояние радиационной безопасности и радоновый мониторинг территории Таджикистана» старшим научным сотрудником Агентство по химической, биологической, радиационной и ядерной безопасности Национальной академии наук Таджикистана Муминовым С.В., а также зав. кафедрой ядерной физики ТНУ профессором Махсудовым Б.И. внедрены в учебный процесс.

1. Виды внедряемых результатов: радиозоологический мониторинг окружающей среды, измерение радона-222 в атмосферном воздухе, определение содержание цезия-137 в почвах, методы измерения радиационного фона и оценка суммарной альфа- и бета-активности в воде.
2. Форма внедрения: постановка учебно-исследовательских работ бакалавров и магистров по курсам дисциплин «Радиационная безопасность», «Радиозоологический мониторинг» и «Экология».
3. Эффективность практической реализации: повышение качества подготовки бакалавров, магистров и Ph.D.

Факт практического использования результатов научных исследований подтверждаем:

Декан физического факультета,
 кандидат физ.-мат. наук

Кодирзода З.А.

Зам. декана физического факультета
 по науке к. ф.-м.н., дотцент

Шарипов Дж. Г.

Зав. кафедры ядерной физики,
 д.ф.-м.н., профессор

Махсудов Б.И.

ҶУМҲУРИИ
ТОҶИКИСТОН



ИДОРАИ
ПАТЕНТӢ

ШАҲОДАТНОМА

Шаҳрванд Муминов С.В.

муаллифи ихтирон *Тарзи мониторинги радиатсионӣ дар маҳфузгоҳҳои ураний*

Ба ихтироъ
нахустпатенти № ТҶ 1277 дода шудааст.

Дорандаи
нахустпатент Агентии амнияти химиявӣ, биологӣ, радиатсионӣ ва ядроии Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон

Сарзамин Ҷумҳурии Тоҷикистон
Ҳаммуаллиф(он) Бахронов С.М., Назаров Х.М., Малишева Е.Ю.,
Ахмедов М.З., Баротов Б.Б., Мирсаидов У.

Аввалияти ихтироъ 21.01.2022

Таърихи рӯзи пешниҳоди ариза 21.01.2022

Аризаи № 2201627


Дар Феҳристи давлатии ихтироъҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон

28 июни с. 2022 ба қайд гирифта шуд

Нахустпатент
эътибор дорад аз 21 январи с. 2022 то 21 январи с.2032

Ин шаҳодатнома хангоми амалӣ гардонидани ҳукуку имтиёзҳои, ки барои муаллифони ихтироот бо конунгузориҳои ҷорӣ муқаррар гардидаанд, нишон дода мешавад

ДИРЕКТОР


Исмоилзода М.

