

**МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ И СОЦИАЛЬНОГО
РАЗВИТИЯ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН**

АО «Медицинский университет Астана»

УДК 551.521:574

На правах рукописи

Камиев Марат Канатович

**Радиоэкологическая оценка радиационной обстановки
территорий, входящих в зону Приаралья**

6М060700-Биология

Диссертация на присуждение академической
степени магистра

**Научный руководитель: к.м.н. Джакенова А.С.
Научный консультант: д.б.н., профессор Бахтин М.М.
Официальный оппонент: к.б.н., и.о. профессора Бекеева С.А.**

Астана 2016 г.

СОДЕРЖАНИЕ

НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ	3
ОПРЕДЕЛЕНИЯ	4
ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ	6
ВВЕДЕНИЕ	7
ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ	
1.АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ИЗЛУЧЕНИЯ РАДИО- ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ В КАЗАХСТАНЕ И ОЦЕНКА ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ (Литературный обзор).....	11
1.1. Природные источники ионизирующего излучения: основные пути поступления радионуклидов в окружающую среду и организм человека	18
2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	26
2.1 Климатические и географические особенности Приаралья.....	26
2.2 Метод автомобильной гамма -спектрометрической съемки.....	27
2.3 Метод измерения гамма-фона	27
2.4 Радиоспектрометрические и радиохимические методы.....	29
3. ОЦЕНКА РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ ТЕРРИТОРИИ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ ВХОДЯЩИХ В ЗОНУ ПРИАРАЛЬЯ....	32
3.1 Рекогносцировочные гамма спектрометрические съемки территорий входящих в зону Приаралья	32
3.2 Оценка удельной активности радионуклидов в пробах почвы на исследуемых территориях, входящих в зону Приаралья.....	33
4. ОЦЕНКА РАДИАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ НА ОТКРЫТЫХ ТЕРРИТОРИЯХ, В ЖИЛЫХ И ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЯХ, РАСПОЛОЖЕННЫХ В НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТАХ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СЕЗОНА ГОДА.....	35
5. ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ РАДИОНУКЛИДОВ В ОБЪЕКТАХ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТАХ	49
5.1 Оценка содержания радионуклидов в почве исследуемых населенных пунктах, входящих в зону Приаралье.....	49
5.2 Оценка содержания радионуклидов в воде исследуемых населенных пунктах, входящих в зону Приаралье.....	53
5.3 Оценка содержания радионуклидов в пищевых продуктах исследуемых населенных пунктах, входящих в зону Приаралье.....	56
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	59
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ	64
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	65

НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В настоящей диссертации использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 29269-91 Общие требования к проведению анализов.

ГОСТ Р 51592-2000 Вода. Общие требования к отбору проб.

Приказ № 155 от 27 февраля 2015 года об утверждении Гигиенических нормативов «Санитарно-эпидемиологические требования к обеспечению радиационной безопасности»;

Приказ № 261 от 27 марта 2015 года об утверждении Санитарных правил «Санитарно-эпидемиологические требования к обеспечению радиационной безопасности»;

Приказ № 260 от 27 марта 2015 года об утверждении Санитарных правил «Санитарно-эпидемиологические требования к радиационно-опасным объектам»;

Методика № KZ 07.00.00303-2004 «Методика измерения активности радионуклидов с использованием сцинтилляционного гамма-, бета-спектрометра с программным обеспечением Прогресс»

Методика № KZ 07.00.00441-2005 «Методика измерения суммарной альфа- и бета-активности водных проб альфа-, бета-радиометром УМФ-2000».

Методика № 34-Ra-B/6Б327 «Методика выполнения измерений объемной активности изотопов радия (226, 228) в пробах природных вод с минерализацией до 5 г/дм³ альфа-радиометрическим спектрометром Прогресс»

Методика № 74-U-П/99 «Методика выполнения измерений удельной активности изотопов урана (234,238) в почвах, рудах, горных породах и строительных материалах на основе альфа-спектрометрическим методом с радиохимической подготовкой».

Методика № 56-Th-B/03 «Методика выполнения измерений объемной активности изотопов тория (232, 230, 228) в природных водах с минерализацией до 5 г/дм³ альфа-радиометрическим методом с радиохимической подготовкой».

Методика № 41-Po-П/-03 «Методика выполнения измерений удельной активности полония-210 (²¹⁰Po) и свинца -210 (²¹⁰Pb) в почвах альфа- бета-радиометрическим методом с радиохимической подготовкой».

Методические рекомендации, утвержденные приказом председателя КГСЭН МЗ РК № 194 от 8 сентября 2011 года:

- методика измерения гамма-фона территории и помещений;
- методические рекомендации по санитарному контролю за содержанием радиоактивных веществ в объектах внешней среды;
- методика выполнения измерений суммарной удельной активности альфа-, бета излучающих радионуклидов в пробах грунтов (почв, горных пород любого типа).

ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В настоящей диссертации применяют следующие термины с соответствующими определениями:

Активность удельная (объемная) - отношение активности A радионуклида в веществе к массе (объему) вещества. Единица удельной (объемной) активности - беккерель на килограмм (Бк/ кг), беккерель на кубический метр (Бк/м³).

Альфа-излучение - корпускулярное излучение, состоящее из ос-частиц (ядер ⁴He), испускаемых при радиоактивном распаде ядер или при ядерных реакциях, превращениях.

Беккерель - в международной системе единиц (СИ) равен активности нуклида, при которой за одну секунду (с) происходит один акт радиоактивного распада.

Бета-излучение - корпускулярное излучение с непрерывным энергетическим спектром, состоящее из отрицательно или положительно заряженных электронов или позитронов (α^- - или p^+ -частиц) и возникающее при радиоактивном распаде ядер или нестабильных частиц. Характеризуется граничной энергией спектра E_{β} .

Внешнее облучение - облучение тела от находящихся вне его источников ионизирующего излучения.

Внутреннее облучение - это облучение тела или организмов от находящихся внутри него источников ионизирующего излучения.

Гамма - излучение - электромагнитное излучение в виде квантов различной энергии.

Естественная радиация – суммарный поток ионизирующего излучения из Космоса и за счет природных радиоактивных элементов в окружающей среде.

Кюри - внесистемная, до сих пор часто используемая единица активности, $1 \text{ Ки (Ci)} = 3,710^{10} \text{ Бк (Bq)}$.

Источники радиоактивных отходов - любая производственная деятельность, в результате которой образуются или концентрируются из исходного материала радиоактивные вещества, количество и концентрация которых превосходит установленные пределы.

Период полураспада - время, в течение которого исходная масса (или активность) радионуклида уменьшается в 2 раза за счет радиоактивного распада.

Радиация – излучение (атомных частиц, электромагнитных волн), идущее от какого-либо источника (Р. солнечная, ионизирующая, проникающая).

Радиоактивность – процесс самопроизвольного превращения неустойчивого изотопа одного химического элемента в изотоп другого элемента, сопровождающийся испусканием элементарных частиц или ядер.

Радиационная безопасность – состояние радиационной обстановки, обеспеченное комплексом мероприятий, ограничивающих радиационное воздействие на персонал, население и окружающую среду в соответствии с установленными нормами.

Радиоактивное загрязнение – радиоактивные вещества, находящиеся на поверхности различных объектов в количествах, превышающих величины, установленные действующими нормами и правилами.

Радиоактивный распад - самопроизвольное превращение радионуклида в другой нуклид (или радионуклид); сопровождающееся испусканием ионизирующего излучения.

Радионуклиды — общее название радиоактивных элементов, природных (естественных) и техногенных (искусственных).

Уровень вмешательства - уровень радиационного фактора, при превышении которого следует проводить определенные защитные мероприятия.

Фон радиационный – природный уровень ионизирующей радиации, определяемый интенсивностью космического излучения и содержанием радионуклидов в окружающей природной среде.

Экосистема — это функциональное единство живых организмов и среды их обитания. Основные характерные особенности экосистемы — ее безразмерность и безранговость.

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

Ки	Кюри, внесистемная единица активности радиоактивных изотопов
мкР/ч	Микро Рентген на час
Р	Рентген, внесистемная единица экспозиционной дозы рентгеновского и гамма-излучения
мкЗв/ч	Микро Зиверт на час
Бк	Беккерель, единица активности нуклида в радиоактивном источнике
Гр	Грей, единица поглощенной дозы ионизирующего излучения в международной системе единиц (СИ). $1 \text{ Гр} = 1 \text{ Дж/кг} = 100 \text{ рад}$
Зв	Зиверт, единица эквивалентной дозы любого вида излучения, поглощенной биологической тканью.
Доза	В результате взаимодействия ионизирующего излучения с биологической средой живому организму передается часть энергии – доза. Различают поглощенную, эквивалентную и эффективную дозы
МЭД	Мощность эквивалентной дозы гамма-излучений
Рад	Внесистемная единица поглощенной дозы ионизирующих излучений. $1 \text{ рад} = 0,01 \text{ Гр}$
ПДК	Предельно-допустимая концентрация. Норматив количества вредного вещества в окружающей среде, при котором это вещество за определенный промежуток времени практически не влияет на организм человека
КН	Коэффициент накопления, характеризует отношение удельной радиоактивности радионуклида в объекте к удельной радиоактивности радионуклида в воде.
ЭРОА радона	Эквивалентная равновесная объемная активность изотопов радона
УВ	Уровень вмешательства, уровень радиационного фактора, при превышении которого следует проводить определенные защитные мероприятия
ИРРЗ	Институт радиобиологии и радиационной защиты

ВЕДЕНИЕ

Актуальность исследования. Аральская проблема, как крупнейшая экологическая катастрофа планеты, приобрела острейший характер. Основной причиной сложной экологической обстановки в Приаралье явилось крупномасштабное антропогенное вмешательство. Повсеместное расширение площадей под орошение в долинах рек Сырдарья и Амударья сопровождалось не только изъятием воды, нарушением гидрологического режима рек, засолением плодородных земель, но и внесением в окружающую среду громадного количества химических веществ [1, 2].

В 90-х годах прошлого столетия интенсивное опустынивание и устойчивые необратимые процессы деградации окружающей природной среды, ухудшение условий жизни, рост заболеваемости вызвали новые социально-экономические и экологические ситуации, требующие законодательного решения и правового регулирования мер социальной защиты населения, проживающего в экологически неблагоприятных районах Приаралья [3-5].

Так, в 1991 году *Правительственная Программа по спасению Аральского моря и восстановлению экологического равновесия в Приаралье*, установила границы данного региона, разделяя его на зоны различных экологических уровней по медико-биологическим, санитарным и другим индикаторам. Различные зоны ухудшения экологической ситуации обозначены как «зона катаклизмов» (наихудшая) и зона «предкризиса» (менее пострадавшая). Аральский и Казалинский районы относятся к зоне катаклизмов. Они расположены на побережье Аральского моря и в пределах дельты реки Сырдарьи.

Законом Республики Казахстан от 30 июня 1992 года «*О социальной защите граждан, пострадавших вследствие экологического бедствия в Приаралье*» выделены 3 зоны экологического неблагополучия: 1 зона - экологической катастрофы, 2 зона - экологического кризиса и 3 зона - экологического предкризисного состояния. В эти зоны вошли все регионы Кызылординской области, 5 районов Южно-Казахстанской области, 4 района Актюбинской области и 1 район Карагандинской области.

Согласно Постановлению Верховного Совета Казахской ССР от 18.01.1992 года "О неотложных мерах по коренному преобразованию условий проживания населения Приаралья" в целях социальной защиты населения Казахстанской части Приаралья, сохранения и поэтапного восстановления Аральского моря объявлены зоной экологического бедствия все районы Кызылординской области и г. Кызылорда, Байганинский, Иргизский, Мугоджарский, Темирский, Челкарский районы Актюбинской области, Арысский (в том числе г. Арысь), Отрарский, Сузакский, Туркестанский (в том числе г. Туркестан), Чардаринский районы Чимкентской области и Джездинский район Джезказганской области.

В последние годы в Казахстане много внимания уделяется Приаралью. Научные исследования свидетельствуют, что в зоне экологического бедствия

Приаралья наблюдается высокий уровень желудочно-кишечных заболеваний и анемии (особенно среди женщин и детей), детской смертности и врожденной патологии. Выявлен комплекс глубоких изменений в состоянии здоровья подрастающего поколения, выражающийся в увеличении частоты заболеваний органов дыхания, желудочно-кишечного тракта, почек, сердечно-сосудистой системы, аллергических, нарушений осанки, задержек физического и полового развития. В Кызылординской области железодефицитная анемия детского населения превышает общереспубликанскую заболеваемость в 3,5 раза [6-8].

В современных условиях вопросы экологической и радиационной безопасности обуславливают необходимость научных исследований, направленных на комплексное изучение радиоэкологической ситуации Приаралья, поиск эффективных критериев его состояния для мониторинга и прогноза изменений радиоэкологической ситуации. Известно, что длительное воздействие малых доз радиации оказывает неблагоприятное воздействие на здоровье людей, особенно на генетический фонд человека. Наглядным негативным экологическим последствием чрезмерного воздействия человека на природную среду стало возникновение новых «болезней века» [9,10].

Республика Казахстан, как и большинство государств, столкнулась с серьезнейшими проблемами в области окружающей среды, и ныне их решение возведено в ранг государственной политики. В "Стратегии-2030" Республики Казахстан подчеркнуто, что «здоровье нации и охрана окружающей среды» являются одним из приоритетных стратегических направлений государства.

Радиоспектрометрические и радиохимические аспекты радиационной безопасности зоны проживания и среды обитания являются составной частью решения экологических проблем, поскольку загрязнение объектов экосистемы природными и техногенными факторами радиации играют отрицательную роль в состоянии здоровья людей, проживающих в зоне экологического кризиса [11,12].

В настоящее время назрела необходимость количественного определения масштабов и степени воздействия радиоэкологических факторов на население путем их детального изучения, как по зонам экологического неблагополучия, так и во времени. Определение степени радиационной безопасности населения, проживающего в зоне Приаралья является актуальным как в социальном, так и в научном планах.

Целью работы: комплексная оценка радиоэкологической обстановки территории населенных пунктов, входящих в зону Приаралья.

Задачи исследования:

1. Рекогносцировочные гамма-спектрометрические съемки территорий, входящих в зону Приаралья (г.Аральск, п.Жосалы, п.Улытау, г.Арыс, п.Атасу).
2. Радиоэкологическая оценка мощности эквивалентной дозы гамма-излучения и плотности потоков альфа-, бета-частиц в объектах окружающей среды.

3. Выявление эквивалентной равновесной объемной активности радона в воздухе жилых и административных помещений.

4. Определение удельной активности природных и техногенных радионуклидов в объектах окружающей среды (почва, вода) и пищевых продуктах.

Научная новизна. Впервые:

Установлены показатели мощности эквивалентной дозы гамма излучений территорий населенных пунктов, находящихся в зоне влияния Приаралья (г.Аральск, п.Жосалы, п.Улытау, г.Арыс, п.Атасу) на основании комплексной оценки техногенного радионуклидного загрязнения.

Установлены показатели мощности эквивалентной дозы гамма-излучения, плотности потоков альфа-, бета-частиц и эквивалентной равновесной объемной активности дочерних продуктов изотопов радона в жилых и общественных зданиях обследованных территорий Приаралья.

Выявлено содержание природных радионуклидов в образцах почвы, воды и пищевых продуктах.

По бальной системе проведена оценка степени напряженности радиационной ситуации территорий населенных пунктов Приаралья.

Практическая значимость работы.

Полученные результаты научных исследований по комплексной радиоэкологической оценке радиационной ситуации на территории Приаралья могут быть использованы при разработке профилактических мероприятий, направленных на улучшение состояния окружающей среды и здоровья населения для достижения устойчивого развития регионов Приаралья.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Использование комплексной радиоэкологической оценки территорий позволяет выявить особенности формирования качества окружающей среды при интенсивности и длительности поступления загрязняющих радиоактивных веществ.

2. Радиоэкологическая оценка загрязнения территорий Приаралья позволяет определить реальную экологическую нагрузку природной среды с учетом зон экологического бедствия и определить степень риска воздействия на здоровья населения.

3. Основные методические подходы к проведению комплексной радиоэкологической степени напряженности экологической ситуации в регионах могут быть использованы при формировании региональных систем радиационного мониторинга и разработки целевых показателей состояния окружающей среды и здоровья населения, проживающих вблизи регионов Приаралья.

Апробация работы и реализация результатов исследований. Основные положения диссертационной работы доложены и обсуждены на: Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы охраны окружающей среды и безопасности жизнедеятельности человека» (г. Караганда, 2014); XII региональной научной конференции "Техногенные системы и экологический риск", (Россия, г. Обнинск, 2015г); Республиканской

научно-практической конференции с международным участием «Проблемы диагностики и коррекции эколого-зависимых нарушений и профессиональной патологии» (г.Караганда, 2015 г), Международной научно-практической конференции молодых ученых и студентов (г.Астана, 2016г.).

Связь темы диссертации с планом научных исследований. Диссертационная работа выполнена в рамках целевой научно-технической программы РГКП «Национального центра гигиены труда и профессиональных заболеваний» МЗиСР РК «Комплексные подходы в управлении состоянием здоровья населения Приаралья» (№ ГР 0103 РК00041, 2014-2016 гг.)

Публикации: По результатам диссертации опубликовано 7 научных работ, в том числе 1 научная статья, в журнале, рекомендованном Комитетом в сфере образования и науки МОН РК.

Структура и объем диссертации: научная работа изложена на 74 страницах компьютерного текста. Диссертация состоит из введения, аналитического обзора литературы, материалов и методов исследования, 2-х подразделов собственных исследований, заключения, практические рекомендации. Текст иллюстрирован 17 таблицами и 10 рисунками. Список литературы включает 93 источника.

1. АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ИЗУЧЕНИЯ РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ В КАЗАХСТАНЕ И ОЦЕНКИ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ (Обзор литературы)

В XXI век человечество вступило, неся на своих плечах огромный груз глобальных проблем, от решения которых зависит социальный прогресс и сохранение человеческой цивилизации. Среди них одной из самых является экологическая проблема [13].

В связи с усыханием Аральского моря в Приаралье сформировался сложный комплекс экологических проблем, имеющих по происхождению и уровню последствий для ведения хозяйства и здоровья населения глобальный характер. Сложилась крайне тяжелая экологическая обстановка во всей зоне Приаралья (площадь Приаралья 47,2 тыс. кв. км) утрачено качество водных и земельных ресурсов, нарушены состав и устойчивость экосистем и снижена экологическая ценность окружающей среды, ее продукционные свойства и возможности самовоспроизводства, возросла токсичность среды, в связи с чем утрачена медико-гигиеническая стабильность среды обитания населения. Сложная экологическая обстановка в зоне Приаралья, связанная с агрохимическими загрязнениями, которые значительно ухудшили физико-химические свойства воды реки Сырдарьи и привели к изменению климатогеографических условий целого региона, что оказало самое неблагоприятное воздействие на здоровье населения [14, 15].

Высыхание Арала привело к усилению ветровой эрозии поверхности высохшего дна Аральского моря и к общему увеличению запыленности воздушного бассейна Среднеазиатского региона. Региональные и локальные антропогенные воздействия вызвали трансформацию природных экосистем и в конечном итоге привели к коренным изменениям и деградации территории.

Сегодня Арал и окружающие его территории стали всемирно известными вследствие антропогенной экологической катастрофы. С ростом водопотребления, связанного с освоением новых орошаемых площадей, занятых в основном хлопчатником и рисом; увеличением населения, преимущественно занятого сельскохозяйственным производством, приток воды в море из двух основных речных систем бассейна - Амударьи и Сырдарьи - почти полностью прекратился. Усыхание Аральского моря вызвало ряд негативных последствий.

В последние годы участились песчаные бураны, которые поднимаясь со дна бывшего моря, ежегодно поднимают 74-100 млн тонн соли и разносят его на 800-900 км и даже нескольких тысяч км, достигая даже до Северного Ледовитого океана. В состав песчаной пыли, поднимаемой со дна Аральского моря, помимо тонн минеральных веществ, входят также пестициды, которые попадают с обрабатываемых ими хлопковых и других сельскохозяйственных культур, тяжелые металлы, которые оказывают свое негативное влияние на здоровье человека, вызывая рост младенческой смертности, повышенную бактериальную загрязненность, рост заболеваний сердечно-сосудистой, дыхательной и эндокринной систем организма [16-20].

С 1960-х годов прошлого века уровень моря снижается вследствие непрерывного роста забора воды из основных питающих рек Амударья и Сырдарья, бассейны которых расположены на территории нескольких государств Центральной Азии: Казахстана, Туркменистана, Кыргызстана, Таджикистана и Узбекистана. В тоже время происходило неуклонное, беспрецедентное наращивание количества используемых удобрений и ядохимикатов. За последние 50 лет суммарный сток рек в Арал сократился в 4,5 раза, объем водной массы уменьшился более чем в 13 раз, уровень засоленности увеличился более чем в 15 раз. На месте высохшей части моря возникла песчаносоляная пустыня площадью более 5,5 млн. га. Ежегодно в атмосферу с Арала поднимается свыше 75 млн. тонн пыли и ядовитых солей [21,22].

Исследованиями ведущих ученых Казахстана [23,24] доказано негативное воздействие загрязнения окружающей среды на здоровье различных групп населения. В Приаралье среди взрослого населения установлено увеличение частоты заболеваний желудочно-кишечного тракта, в частности, печени и желчного пузыря, язв и гастритов, выявлено атипичское течение токсических гепатитов у жителей.

Наиболее чувствительным барометром на воздействие окружающей среды являются дети и подростки. Дети, постоянно живущие в кризисной зоне экологического неблагополучия, отстают от своих сверстников в физическом развитии. Частота отставания длины тела у девочек составляет 31,1%, а у мальчиков 31,5%. Более чем у половины детей (54,8-52,2%) отстают и показатели массы тела [25,26].

Работами ряда авторов [27,28] показано угнетение иммунной реактивности, ухудшение адаптационно - приспособительных реакций организма и развитие иммунологической недостаточности у детей, проживающих в Аральском регионе. Снижение иммунологической реактивности организма приводит к развитию ряда заболеваний. Наблюдается омоложение и рост онкозаболеваний среди детей и подростков Кызылординской области, причиной которых, как полагают исследователи, являются соли-пестицидные смеси и повышенный уровень радиации.

В Приаралье остаются самыми высокими показатели общей и детской заболеваемости, снизилась продолжительность жизни. Регистрируется высокий уровень различных уродств - среди новорожденных, младенческой смертности, бесплодия [29-31].

В нашей стране радиоэкологическая ситуация усугубляется тем, что на протяжении длительного времени Казахстан был базой для испытания ядерного оружия [32]. В 80-90-е годы XX века учеными Казахстана было изучено состояние здоровья населения территорий, прилегающих к Семипалатинскому ядерному полигону. Отмечается высокий уровень онкологической заболеваемости и смертности населения, болезней системы кровообращения, пороков развития среди новорожденных и эффектов преждевременного старения. Интегральные показатели смертности за весь период наблюдений позволили констатировать достоверное превышение среди основной группы

смертности от инфаркта миокарда, гипертонической болезни, пневмонии, сепсиса, гриппа [33-35].

Помимо Семипалатинского полигона в разные годы на территории Казахстана наиболее активно в этих целях использовалась Атырауская область, где производились испытания оружия массового уничтожения на таких испытательных полигонах, как Азгирский атомный полигон, Государственный Летно-испытательный центр и Государственный центральный полигон Капустин Яр. Цель проведения ядерных взрывов — отработка технологии создания подземных емкостей в соляных куполах для хранения определенных веществ, в том числе радиоактивных отходов [36].

Начиная с 50-х годов на полигоне Капустин Яр впервые осуществлялись запуски ракет в космос, пуски баллистических ракет, совершенствовалась система ПВО, выполнялись запуски ракет по воздушным целям, по уничтожению спутников, ракет средней и малой дальности и др. На полигоне было проведено 11 ядерных взрывов (известных нам) на высотах от 5,5 до 300 км, суммарная мощность которых составляет примерно 65 атомных бомб, сброшенных на Хиросиму. Кроме ядерных испытаний на полигонах «Капустин Яр» взорвано 24 тысячи управляемых ракет, испытано 177 образцов военной техники, уничтожено 619 ракет РСД-10 и т.п. При этом в атмосферу было выброшено десятки тонн ядовитых химических веществ.

Азгирский ядерный полигон расположен к северо-западу от г. Атырау на расстоянии 500 км и занимает более 0,6 млн га площади. Начиная с 1966 по 1979 г.г. на 10 технологических площадках вблизи поселка Азгыр Курмангазинского района было произведено 17 подземных ядерных взрывов мощностью заряда от 10 до 100 килотонн, глубина взрывов составила от 160 до 1500 метров. В результате ядерных взрывов на полигоне «Азгыр» сложилась неблагоприятная экологическая ситуация, которая осложняется также деятельностью ракетно-ядерного полигона «Капустин Яр». Проведенные взрывы привели к увеличению радиационной и химической нагрузки на окружающую среду и организм населения [37].

По данным ученых Санкт-Петербургского университета выявлено загрязнение почвы, растительности, животных продуктами ракетного топлива, главным образом гептила, до 10 ПДК (предельно допустимая концентрация), таллием — в количествах, превышающих ПДК в тысячи раз (таллий в несколько раз токсичнее окиси мышьяка). В подземных водах, используемых для питьевых целей населением вблизи районов падения.

ПДК превышает по кадмию в 9-20 раз, меди — в 10-15 раз, свинцу в 2-10 раз и по фтору — в 1,5-4 раза.

Всесторонний анализ показывает, что негативные экологические факторы способствовали стимулированию роста, так называемых экологически зависимых групп болезней. Конкретные данные о состоянии здоровья населения в основном после 1986 года, полученные при выполнении исследований в 1996 и 1997 гг. по инициативе и финансовой поддержке в рамках Программы развития ООН (Алматы, 1997г.) по теме «Медицинские,

химические и радиоэкологические исследования районов Западно-Казахстанской области вблизи полигона Капустин Яр».

Среди населения пос. Азгир высока заболеваемость по сравнению со среднеобластной: по туберкулезу – превышает в 608 раз, по эндокринным – в 19 раз, язвенным болезням – в 16 раз. Низка и продолжительность жизни, прогрессирует общий рост числа заболеваний. В сельских районах, прилегающих к полигону «Капустин Яр», — Акжайыкском, Джанибекском, Джангалинском, Казталовском, Каратобинском и Урдинском за последние 10 лет резко ухудшилась демографическая ситуация, рождаемость уменьшилась до 2 раз, смертность возросла на 50%, а в Джанибекском - на 75%, Акжайыкском на 80%. Уровень заболеваемости населения существенно возрос, стал выше, чем в других сельских районах ЗКО, и находится на уровне районов, расположенных вблизи Семипалатинского ядерного полигона. Анализ данных действующих информационных систем о рождаемости населения в регионе ядерного полигона «Азгир» свидетельствует о том, что уровень рождаемости в регионе значительно ниже, по сравнению с Республикой Казахстан, Атырауской областью и Курмангазинским районом. Начиная с 2000 года показатели рождаемости населения имеют тенденцию к снижению (в 1,4 раза), в то время как по РК, области и району они увеличились в 2 и более раза. Результаты краткосрочного трендового прогноза показали, что к 2018 г возможно дальнейшее снижение рождаемости – до 12 рождений на 1000 населения [38-42].

Реальную экологическую угрозу представляют упавшие и падающие на землю фрагменты ракет, разливы высокотоксичного топлива и другие факторы, оказывающие негативное воздействие на окружающую среду и проживающее в непосредственной близости население. Пуски ракетносителей с космодрома «Байконур» обеспечены наличием районов падения отделяющихся частей общей площадью 12,24 млн. гектаров. В этих условиях оценка состояния окружающей среды занимает важное положение в решении проблемы предотвращения и ликвидации техногенного воздействия в местах производства, испытаний, хранения и эксплуатации космических средств, военной техники и военных объектов, а также в местах размещения промышленных организаций, дислокации воинских частей и соединений, осуществляющих ракетно-космическую деятельность.

Накоплен большой материал, свидетельствующий о неблагоприятном воздействии гептила на здоровье личного состава ВС. Установлено также, что гептил в дозе 0,1 ПДК при контакте с ним на открытом воздухе в течение двух лет оказывает неблагоприятное воздействие на организм человека. Неспецифические нарушения здоровья имеют большое сходство с симптомами лучевого поражения (рак, лейкозы, цитопении, астения и т.п.). Чаще всего поражение организма космическим ракетным топливом обнаруживаются у табунщиков, чабанов, животноводов, которые практически не доживают до пенсии и часто умирают от рака. Отчетливо выражен возрастной риск: чем меньше возраст, тем чаще обнаруживается специфическая патология (судороги,

поражение печени, крови, ларингостенозы и т.п.). У женщин больший риск заболеваний крови, чем у мужчин. Наибольший риск имеют новорожденные, что связано с внутриутробным поражением плода [43,44].

В Казахстане имеются шесть крупных ураноносных геологических провинций, множество мелких месторождений и рудопроявлений урана, которые обуславливают повышенный уровень естественной радиоактивности, отходы, накопленные на уранодобывающих предприятиях и в местах проведения ядерных взрывов [45-47]. Серьезную реальную угрозу экологической безопасности Казахстана представляет радиоактивное загрязнение, источники которого подразделяются на четыре основные группы:

- отходы неработающих предприятий уранодобывающей и перерабатывающей промышленности (отвалы урановых рудников, самоизливающиеся скважины, хвостохранилища, демонтированное оборудование технологических линий);

- территории, загрязненные в результате испытаний ядерного оружия;

- отходы нефтедобывающей промышленности и нефтяного оборудования;

- отходы, образовавшиеся в результате работы ядерных реакторов, и радиоизотопная продукция (отработанные источники ионизирующего излучения).

На предприятиях Казахстана находится более 50 тысяч отработанных источников ионизирующих излучений, и при радиационном обследовании было обнаружено и ликвидировано более 700 неконтролируемых источников, из которых 16 – смертельно опасные для человека. Комплексное решение проблемы должно включать создание специализированной организации по переработке и захоронению радиоактивных отходов. Результатом проведения данных мероприятий будет снижение облучения населения и радиоактивного загрязнения окружающей среды [48,49].

В последние десятилетия значительно увеличились масштабы распространения радиоактивных элементов, в первую очередь, за счет техногенного воздействия человека на окружающую среду.

Немаловажное значение в области радиоэкологической ситуации Казахстана имеет то, что основная масса загрязняющих радиоактивных веществ поступает от предприятий цветной металлургии, теплоэнергетики, черной металлургии, нефтегазового комплекса и военно-промышленного комплекса. Напряжена обстановка с утилизацией и захоронением радиоактивных отходов: в более чем 100 местах хранения сосредоточено около 50 млн. тонн радиоактивных отходов общей интенсивностью более 50 тыс. кюри. Ситуация усугубляется в связи со сменой собственников рудников, шахт, порой остающихся без хозяев [50,51].

Появились новые элементы, ранее в природе практически неизвестные или встречающиеся в столь ничтожно малых количествах, что они не обнаруживаются аналитическими методами. Их появление в природе в ощутимо значимых количествах, включение техногенных радионуклидов в

биосферный кругооборот поставило человечество перед необходимостью объективно оценить не только природу радиационной опасности, но и ее масштабы.

Аспект безопасности здоровья населения – это отсутствие вреда или значимого риска не только для продолжительности его жизни, но и профессионального долголетия. Особое внимание уделяется воздействию радиационного фактора окружающей среды. Профилактической основой радиационной безопасности вредных факторов окружающей среды является их гигиеническое регламентирование т.е. разработка научно-обоснованных гигиенических нормативов в области профессиональных рисков [52-54].

Радиационный фактор, как известно, может оказать мутагенное влияние, особенно на растущий организм. Нарушение баланса химических элементов в среде, облучение даже малыми дозами радиации вызывают тяжелые патологические изменения в организме взрослых и детей, приводит к появлению в крови эритроцитов с микроядрами [55-57].

Мутационный процесс относится к одной из существенных характеристик человека как биологического вида [58,59]. Постоянный, оптимальный для человека уровень мутационного процесса, однако, может повышаться под воздействием многих физических, химических и биологических факторов. Медицинские последствия химического индуцированного мутагенеза достаточно серьезны. Возникновение мутаций в зародышевых клетках приводит к повышению частоты наследственной патологии. Мутации в клетках эмбриона и плода ведут к снижению приспособленности будущего ребенка, повышению частоты врожденных пороков развития, гибели эмбриона или плода, внутриутробной задержке роста. В целом биологическую и медицинскую значимость последствий мутационного процесса у человека на современном этапе надо рассматривать через триаду: мутагенез – канцерогенез – тератогенез. В настоящее время для тестирования на мутагенность агентов различной природы нашел широкое применение микроядерный тест – быстрый и удобный метод скрининга, позволяющий определить наличие или отсутствие цитогенотоксичности и мутагенности.

Уникальность и всеобщность явления индуцированного мутагенеза в современных условиях не вызывают сомнений. Широкое использование методов выявления мутагенной опасности позволит сделать среду обитания человека более безопасной с генетической точки зрения. Необходимость изучения индуцированного мутагенеза в популяциях людей обусловлено тем, что уровень загрязненности среды обитания человека повышается со сравнительно быстрым изменением спектра факторов, воздействие многочисленных загрязнителей дает суммарный эффект, превышающий допустимые уровни.

Достижения современной радиобиологии и радиационной медицины позволили прояснить многие спорные моменты, касающиеся чувствительности различных биологических индивидов к воздействию ионизирующей радиации. Это в свою очередь наложило своеобразное вето на возможность

экстраполяции эффектов воздействия ионизирующей радиации среди различных биологических объектов. Нужно отметить, что в настоящее время проводятся масштабные исследования по поиску клинико-эпидемиологических критериев (маркеров) связи опосредованного воздействия радиационного фактора с возможными нестационарными эффектами для потомков. В этой связи появляются публикации, в которых описываются корреляционные зависимости избытков онкологической и общесоматической патологии связанные с так называемыми эффектами нестабильности генома (хроматидные, хромосомные, геномные aberrации) среди потомков II и III поколения рожденных от облученных родителей. При этом определенные надежды возлагаются на исследования уровня и характера соматических мутаций периферических клеток (передающихся по наследству) в плане изучения механизмов вызывающих нестационарные эффекты среди потомков [60,61].

Разработаны и внедрены современные клинико-эпидемиологические и лабораторные методы индикации ионизирующего излучения в различном диапазоне доз. Подробно описаны влияния ионизирующих излучений на ДНК и генетический аппарат клеток. Установлена дозовая зависимость формирования соматических мутаций и механизмы их наследования [62].

Таким образом, зоны экологического бедствия представляют собой реальную угрозу внутренней безопасности страны. Аральский и Семипалатинский регионы объявлены зонами экологического бедствия, где произошло разрушение естественных экологических систем, деградация флоры и фауны и вследствие неблагоприятной экологической обстановки нанесен существенный вред здоровью населения. Показано, что зона экологического неблагополучия Приаралья характеризуется повышенными уровнями загрязнения продуктов питания химическими веществами, а район Семипалатинского полигона - радионуклидами.

Более четверти территории республики непригодны для жизни из-за испытаний на военных полигонах, из-за того, что промышленные предприятия оставляют после своей деятельности тонны токсичных промышленных выбросов, а сельское хозяйство использует тонны ядовитых химических веществ для борьбы с сорняками и насекомыми. Из-за опустынивания потеряна почти половина пастбищ, 75% поливных земель засолены.

Радиоактивное излучение не является единственной потенциальной опасностью, которой подвергается человечество, но, как и всякий другой вид опасности, оно требует пристального внимания и самого открытого обсуждения.

Радиоэкологическая безопасность становится в ряд основных стратегических компонентов национальной безопасности и важнейшим аспектом государственных приоритетов, поскольку на данном этапе развития человечество уже находится на грани допустимого воздействия на биосферу, когда экологические проблемы могут перерасти в проблему выживаемости.

1.1 Природные источники ионизирующего излучения: основные пути поступления радионуклидов в окружающую среду и организм человека

Основную часть облучения население Земли получает от *естественных источников* радиации [63, 64]. Это природные радионуклиды, содержащиеся в земной коре, строительных материалах, воздухе, пище и воде, а также космические лучи. Все ионизирующие излучения от источников естественного происхождения формируют так называемый *естественный радиационный фон*. Естественный радиационный фон есть неотъемлемый фактор окружающей среды, оказывающий существенное воздействие на жизнедеятельность человека. В среднем они определяют 83% годовой эффективной дозы, получаемой людьми, в основном вследствие внутреннего облучения. Остальные 17 % формирует космическое излучение. Естественное фоновое облучение человека обуславливается внешним и внутренним облучением. Внешнее облучение создается за счет воздействия на организм ионизирующих излучений от внешних по отношению к человеку источников излучения, а внутреннее - за счет воздействия на организм ионизирующих излучений радиоактивных нуклидов, находящихся внутри организма. Уровни естественного излучения варьируют в довольно широких пределах, в среднем составляя около 2,4 мЗв в год.

Внутреннее облучение обусловлено радионуклидами, попадающими в организм человека с воздухом (*ингаляционный путь*), пищей (*пероральный путь*) и через кожу (*перкутанный путь*). Облучение может происходить за счет радионуклидов, содержащихся в земной коре.

Уровни земной радиации неодинаковы, поскольку зависят от концентрации радиоактивных изотопов на конкретном участке земной коры. В среднем дозы от земной радиации составляют от 0,3 до 0,6 мЗв в год.

Заметная часть эффективной дозы облучения, которую человек получает от естественных источников радиации, формируется от радиоактивных веществ, проходящих через сложную систему биологических цепочек.

Радионуклиды, образующиеся под действием космического излучения, составляют незначительную (около 17%) часть общего поступления. Большая часть поступления связана с радионуклидами ряда урана и тория, которые содержатся в почве. Природные радиоактивные элементы путем альфа- и бета-распада превращаются в другие радиоактивные изотопы. Из радиоактивных нуклидов наиболее часто в земной коре встречаются члены естественных радиоактивных семейств ^{238}U и ^{232}Th , а также ^{40}K , ^{87}Rb [65,66].

Уран (^{238}U , ^{235}U и ^{234}U) - этот серебристо-белый металл, по внешнему виду металлический уран напоминает железо. Он окисляется в воздухе до самовоспламенения и горит ярким пламенем. Плотность урана 19 г/см³, температура плавления 1133 °С. Энергия распада невелика (1-1360 эВ). Хорошо растворяется в минеральных кислотах. Широко распространен в земной коре (содержится в горных породах, почве, воде озер, рек и морей). Общее содержание урана в верхних слоях земной коры составляет 10¹⁵ т (2,4х10⁻⁴%), в морской воде - 10¹⁰ т (3,13х10⁻⁷%). Фоновая удельная радиоактивность урана в

среде составляет 0,33 мКи вещества. Суточное поступление урана в организм человека в среднем от 1 до 10 мкг, достигая 300 мкг. Содержание урана в мягких тканях человека на территориях с нормальным радиационным фоном составляет 0,33-0,99 фКи/г, в костях - 0,7-0,9 фКи/г. Дозы излучений, поглощенные тканями равны -8,0 мкГр в год (0,03-0,08 мрад). Значительную роль в формировании фоновых лучевых нагрузок выполняет дочерний продукт ^{238}U - радий, отличающийся от урана большой химической активностью и подвижностью в звеньях миграции в среде. В отличие от ^{239}U дочерний продукт распада находится вне кристаллической решетки исходных минералов и легко переходит в воду. Наибольшее количество естественного излучателя характерно для с высоким природным содержанием в ней родственных элементов: кальция, стронция, бария.

Радиоактивный Торий (^{237}Th , ^{2382}Th и ^{232}Th ,)- это светло-серый металл с плотностью 11,72 г/см³ и температурой плавления 1750 °С. Все изотопы тория являются мощными (5МэВ) излучателями. Основным источником тория служат пески, содержащие минерал *монацит* – (Ce, La, Nd, Th). Особенно богаты монацитом морские россыпи. Глинистые разновидности почв, как правило, содержат больше естественных радионуклидов, чем песчаные. Торий-234 - радионуклид, образующийся при распаде урана-238, который присутствует в морской воде в растворенной форме в виде карбонатных комплексов уранила. Промышленное значение имеет также минерал *торит* – ThSiO₄. Соединения радионуклида в организм поступают в незначительных количествах, плохо всасываются желудочно-кишечным трактом.

Преимущественно откладываются в костях (1,8Бк/г) и - на порядок в меньших количествах - в других органах и тканях.

Радий (Ra) - химический элемент представляет серебристо-белый блестящий металл с плотностью 6 г/см³ и температурой плавления 700 °С. По химическим свойствам радий близок к барию, изоморфно замещает последний в минералах: барите (сульфат бария) и витерите (карбонат бария).

В природных водах радий встречается в виде хлорида. Изотопы радия широко распространены в горных породах и рудах, но в чрезвычайно малых концентрациях. Добывается радий из урановых руд. Он широко применяется в медицине для лучевой терапии. Все изотопы радия радиоактивны. Соль чистого радия является альфа -излучателем. При накоплении в ней продуктов распада (радона и актиния) радий становится источником бета и гамма излучений. Радиоактивность радия в осадочных и вулканических породах, подпочвенных слоев земной коры колеблется от 0,5 до 1,3 пКи/г. Удельная активность большинство почв 1 пКи/г, питьевой воды - от 0,01 до 6 пКи/г, воды океана -0, 007 пКи/г. Наибольшее содержания радия, поступающее в организм человека с продуктами питания (пКи/г) это: картофель- до 110, куриной яйцо- до 91, мясо птицы -до 15. В целом на долю радия приходится меньше 0,1% суммарной активности, находящихся в организме радиоактивных веществ. Наибольшее количество радионуклида регистрируется в костях (0,2 Бк/г), в 30-70 раз меньше в паренхимотозных органах (почках и печени), и почти в 1000 раз меньше - в мышечной ткани.

Радионуклиды ^{238}U , ^{232}Th и менее распространенный ^{235}U являются родоначальниками природных радиоактивных семейств. Семейства урана-радия и тория являются активными гамма-излучателями по сравнению с семейством актиния, мощность дозы гамма-излучения которого весьма невелика. Основную долю (97,9%) в мощность гамма-излучения этого семейства вносят продукты распада радия-226 (свинец-214 и висмут-214) и радона-218 (полоний-214). Торий-234 и протактиний-234 – продукты распада родоначальника семейства (урана-238), дают около 2,1% общей мощности гамма-излучения.

Все промежуточные члены этих семейств, образующиеся в результате цепочки последовательных альфа- и бета-распадов неустойчивых атомных ядер, радиоактивны. Конечные продукты цепи ядерных превращений стабильны. Это изотопы свинца. Практически весь встречающийся на Земле свинец образовался в результате распада урана и тория.

Радиоактивный калий (^{39}K , ^{40}K и ^{41}K) - серебристо-белый металл, быстро реагирующий с кислородом и водой. Природный калий содержит три изотопа: калий-39, калий-40 и калий-41, из которых только калий-40 радиоактивен. Вместе со стабильными изотопами калия ^{39}K и ^{41}K , радиоактивный калий (^{40}K) всегда присутствует в почве. Удельная активность природного калия 29 Бк/г. Калий -40 распадается двумя путями. Около 88% его атомов испытывают бета-излучение и превращаются в атомы кальция-40.

На один акт распада ^{40}K приходится в среднем 0,893 бета-частиц с энергией 1311 кэВ и 0,107 гамма-квантов с энергией 1461 кэВ. Остальные 12% атомов, испытывая К-захват, превращаются в атомы аргона-40.

На этом свойстве ^{40}K основан калий-аргоновый метод определения абсолютного возраста горных пород и минералов.

Из почвы с элементами минерального питания, ^{40}K поступает в растения, а затем по пищевым цепочкам в организм человека. Калий-40 содержится почти во всех пищевых продуктах. В рационе питания человека содержание калия колеблется от 1,5 до 4,5 г/сут. в зависимости от состава питания. Наибольшее содержания калия отмечается в бобовых культурах до 350 Бк/г, наименьше- в зерновых культурах - до 70 Бк/г. Всякий раз, когда мы едим или пьем, мы вносим естественно встречающийся калий-40 в наши тела, где он накапливается в ткани тела, в частности в мышцах. Большинство из нас имеют несколько килоБеккерелей калия-40 в наших телах. Они непрерывно поступают в организм и частично выводятся из него, поэтому изменение содержания долгоживущих естественных радионуклидов в продуктах питания, воде и воздухе нарушает уровень установившегося равновесия радионуклидов в организме человека.

Основным накопителем ^{40}K в организме являются в убывающем порядке эритроциты, нервная ткань (головной мозг), мышечная ткань, печень, легкие и кости. Из организма взрослого человека ^{40}K выводится в три раза медленнее, чем вода.

От ^{40}K жители Земли получают в среднем дозу облучения 0,3 мЗв в год, что составляет около 13 % годовой эффективной дозы от источников

ионизирующих излучений естественного происхождения. В частности, человек получает около 180 мкЗв в год за счет радиоактивного калия-40, который играет существенную роль в процессе его жизнедеятельности.

Кроме калия-40 в организме взрослого человека массой 70 кг содержится в среднем: урана-238 – $7 \cdot 10^{-4}$ г.; урана-235 – $5 \cdot 10^{-6}$ г.; тория-232 – $7 \cdot 10^{-3}$ г.; радия-226 – $2,5 \cdot 10^{-10}$ г. В незначительных количествах содержится также радиоактивные изотопы углерода-14, полония-210, свинца-210 и другие.

Естественный радиационный фон земной коры зависит от геологической структуры местности. Тип горных пород и глубина их залегания существенно влияют на величину радиационного фона у поверхности Земли [67-69].

Радиоактивные вещества при попадании на земную поверхность взаимодействуют с компонентами окружающей среды, и радионуклиды включаются в процессы природного круговорота химических элементов.

Радиоактивные частицы, находящиеся в нижних слоях атмосферы (в тропосфере), осаждаются на почвенный и растительный покров в течение нескольких часов, а стратосферного происхождения – в течение длительного периода – десятки лет (примерно 10% от общего количества ежегодно после выброса в стратосферу). Они выпадают в результате вымывания атмосферными осадками («мокрое выпадение») или в виде сухих частиц за счет гравитационных сил, вертикального движения воздушных масс и турбулентной диффузии («сухое» отложение).

Максимальное выпадение наблюдается в весенне-летний период (около 60% годового отложения), менее интенсивное выпадение – в осенне-зимний период.

Почва является начальным пусковым звеном обмена экосистем. Ее функциональное состояние определяет эффективность преобразования радиационной энергии в биологические структуры. Главным источником радиоактивных элементов в почвах следует считать почвообразующие породы.

Поэтому почвы, развитые на кислых магматических породах, относительно обогащены радиоактивными элементами (ураном, радием, торием, калием), а почвы, образованные на основных и ультраосновных породах, бедны ими. Глинистые почвы почти везде богаче радиоизотопами, чем песчаные. Радионуклиды, отложившиеся на поверхности почв, под действием разных факторов могут перемещаться в любом направлении [70-72].

Миграция радионуклидов в почве происходит благодаря совокупности разных процессов, которые приводят к перемещению радионуклидов в почве или к перераспределению разных форм и состояний радионуклидов, что приводит к перераспределению нуклидов вглубь почвенного покрова. Из всех естественных радионуклидов наиболее прочно связываются в почвах уран и торий, из искусственных – плутоний, железо и цезий. Содержание радионуклидов неодинаково и в почвах, сформированных на разных породах [73].

Радионуклиды, присутствующие в почве, могут усваиваться растениями и включаться в процессы перераспределения по пищевым цепям (например, почва – растение – животное – человек) [74, 75]. Радиоактивные вещества,

попадающие в почву, частично вымываются и загрязняют грунтовые воды, но почва довольно прочно удерживает их и обеспечивает очень длительное их нахождение в почвенном горизонте и поступление в сельскохозяйственную продукцию за счет почвенного поглощающего комплекса.

Радиоактивные вещества могут поступать в почвенные воды, смываться дождевыми, тальными и паводковыми водами в реки, озера и другие водоемы [76-79]. Радиоактивность речных и озерных вод зависит от источника их питания. Дождевые, снеговые и ледниковые воды содержат небольшое количество солей, поэтому водоемы горных районов высоких широт, имеющие этот источник питания, практически стерильны в отношении естественных радионуклидов.

Природные радионуклиды поступают в открытые водоемы суши в основном с подземными водами. Грунтовые и межпластовые воды, питая озера и реки, определяют уровни природной радиоактивности воды этих водоемов. Поэтому радиоактивность воды рек и озер подвержена значительным колебаниям. Она напрямую зависит от химического и минерального состава дренируемых ими горных пород, в которых располагаются чаши озер или водосборы рек. К другому важному фактору, влияющему на степень радиоактивности воды открытых водоемов, относится климат, от которого зависит степень химического выветривания горных пород, являющихся основным поставщиком природных радионуклидов.

Концентрация радиоизотопов в озерах зависит от степени водного обмена. Бессточные озера в районах с засушливым климатом могут быть значительно обогащены радиоактивными элементами за счет сильного испарения застойной воды.

Подземные воды бывают значительно обогащены ураном, радием, торием и радоном по сравнению с поверхностными. Количество радиоактивных элементов в них зависит от вещественного состава вмещающих пород и химизма самих вод. Концентрация радия в подземных водах может достигать от 2,5 до 10-11%, а урана – от 3 до 10-5%.

Содержание радионуклидов в растениях и сельскохозяйственных культурах зависит также от их индивидуальной способности избирательно аккумулировать в себе определенные химические элементы [80-82]. Механизм усвоения радионуклидов корнями растений сходен с поглощением основных питательных веществ – макро- и микроэлементов. Определенное сходство наблюдается в поглощении растениями и передвижении по ним ^{90}Sr и ^{137}Cs и их химических аналогов – кальция и калия. В наибольших количествах поглощается растениями ^{137}Cs , значительно меньше – ^{90}Sr , еще в меньших количествах – ^{60}Co , ^{106}Ru , ^{144}Ce , ^{147}Pm (концентрируются преимущественно в корневой системе).

Из всевозможных способов внутреннего облучения наиболее опасно вдыхание загрязненного воздуха, потому что взрослый человек, занятый работой средней тяжести, потребляет воздуха 20 м^3 (воды же всего 2 литра); радиоактивное вещество, поступающее таким путем в организм человека, быстро усваивается. Основной вклад в эффективную дозу облучения населения

вносит внутреннее облучение за счет потребления загрязненных радионуклидами продуктов питания [83-86].

Так, употребление молока и молочных продуктов с повышенным содержанием радионуклидов обуславливает основной вклад в дозу внутреннего облучения людей (более 50 %) в тех местах, где населенные пункты расположены вдали от лесной зоны и жители мало используют лесную продукцию. Овощи, в том числе картофель, загрязнены радионуклидами в гораздо меньшей степени по сравнению с молоком. Их потребление, как правило, вносит незначительный вклад в дозу внутреннего облучения людей. Поскольку существенный вклад в дозу внутреннего облучения человека могут вносить (а значит, и представлять опасность для его здоровья) продукты, произведенные в частном секторе, а также «дары природы» (грибы, ягоды, дичь, рыба), содержание радионуклидов в них необходимо обязательно контролировать.

Наибольшую опасность представляет попадание в воздух вместе с пылью альфа-излучающих изотопов трансурановых элементов, которые через дыхательные пути могут поступать в организм человека [87]. Предельно допустимое поступление в организм человека альфа-излучающих изотопов плутония (^{239}Pu и ^{240}Pu) с воздухом составляет 20 Бк в год. Объем вдыхаемого воздуха у взрослого человека составляет, в среднем, 8100 л³/год. При объемной активности воздуха 0,001 Бк/м³ активность альфа-излучающих изотопов плутония, поступающих в организм человека, составляет 81 Бк в год, что значительно превышает предельно допустимый уровень, а при объемной активности 0,08 Бк/м³ — 648 Бк в год. В обоих случаях значительно превышает предельно допустимый уровень.

Допустимые для населения среднегодовые объемные активности радионуклидов во вдыхаемом воздухе: ^{131}I - 7,3 Бк/м³; ^{137}Cs - 27 Бк/м³; ^{239}Pu и ^{240}Pu - 0,0025 Бк/м³.

В районах с относительно низкими уровнями загрязнения почв трансурановыми элементами в период проведения сельскохозяйственных работ локальная объемная активность плутония в воздухе может повышаться до 0,01 Бк/м³, а вблизи источников пылеобразования (работающая сельскохозяйственная техника, движущийся автотранспорт) - до 0,08 Бк/м³.

Уровень загрязнения воздуха радионуклидами может увеличиваться и при сжигании в печах загрязненного радионуклидами топлива. На загрязнение воздуха радионуклидами заметно влияют стихийные природные явления: пылевые бури, лесные и торфяные пожары. Во время таких событий радиоактивные вещества могут переноситься на большие расстояния.

Определение радона в окружающей среде имеет первостепенное значение, поскольку именно этот радионуклид обеспечивает более половины всей дозовой нагрузки на организм человека [88- 90].

Радон — это невидимый инертный газ, бесцветен и хорошо растворяется в воде. Радон освобождается из земной коры повсеместно. Объемная активность почвенного воздуха по радону достигает 6000-7000 Бк/м³. Она неодинакова в разных местах земного шара и, в среднем, составляет 4,4 Бк/м³.

На открытой местности из-за быстрого рассеяния в атмосферном воздухе *радон* не представляет опасности для человека.

Однако, проникая внутрь зданий через микротрещины в фундаменте и стенах, он может накапливаться в закрытых непрветриваемых помещениях. Больше всего радона накапливается в подвальных помещениях, из которых этот радиоактивный газ распространяется по всему зданию.

Радон-222 – это продукт радиоактивного превращения урана-238, а радон-220 – тория-232. Инертный тяжелый газ радон без цвета и запаха, в 7,5 раза тяжелее воздуха, растворяется в воде, точка кипения -65°C . Дочерние продукты распада радона также радиоактивные изотопы: полония, свинца и висмута. Сейчас известно, что радиационная доза в легких от дочерних продуктов во много раз больше, чем от самого радона.

Радон повсеместно выделяется из земли, воды, стройматериалов [91, 92]. Анализ показывает, что в типичный дом поступает радона: из почвы – 70%, из внешнего воздуха – 13%, из стройматериалов – 7%, из воды – 5–10%, из природного газа – 4%, от других источников – 2%.

Радоновая эманация является источником активных осадков. Попадая в атмосферу, радон переносится воздушными массами, продолжая распадаться. Радон вносит вклад во внешнее и внутреннее облучение, так как может попадать в организм с вдыхаемым воздухом, пищей и водой.

Являясь альфа-излучателем, радон является причиной заболеваний раком легких, желудка и других органов. Особенно опасен радон для легких, надпочечников, гонад и костного мозга.

Следует помнить, что концентрация радона в закрытых помещениях летом выше не менее чем в 8 раз, а в зимнее время выше в 5000 раз по сравнению с минимальным фоном. Для ослабления воздействия радона на организм человека необходимо проветривать помещения не менее 5 часов в сутки, во время кипения воды в чайнике или другой закрытой посуде необходимо открывать на несколько секунд крышку, чтобы радон испарился из воды. Обычно концентрация радона на кухне примерно в 40 раз выше, чем в жилой комнате. Поступающий с некипяченой водой радон быстро выводится из организма. Сырая вода с радонем, попавшая в желудочно-кишечный тракт, не столь вредна и опасна, как радон, попадающий в легкие.

Радон также может выделяться из стен, поэтому их рекомендуется красить или оклеивать обоями. Меньше всего радиоактивность в деревянных домах (до 0,5 мЗв/год), в кирпичных (до 1,5 мЗв/год), в железобетонных может достигать до 1,7 мЗв/год. Особенно сильное воздействие радон оказывает на людей, находящихся в подвальных помещениях, и на первых этажах жилых зданий. Поэтому для того, чтобы уменьшить риск радонового облучения, необходимо проводить защитные мероприятия: использовать для полов специальные покрытия, тщательно проветривать помещения и др. К примеру, активная вентиляция помещения в течение 2-3 часов снижает концентрацию радона в 3-4 раза.

По данным НКДАР ООН средняя годовая эффективная доза, обусловленная вдыханием радона и продуктов его распада, составляет половину дозы от всех природных источников ионизирующего излучения. Исходя из этого, изучение вариаций выделения радона из почв в зависимости от погодных условий является одной из важных проблем [93]. Проблема радона приобрела существенное значение. В ряде стран приняты допустимые концентрации радона внутри помещений.

Научный комитет ООН по действию атомной радиации рекомендует считать суммарную эффективную дозу от естественных источников радиации равной в среднем 2,4 мЗв/год, в том числе от внутреннего облучения 1,65 мЗв/год, от внешнего – 0,75 мЗв/год. Следует заключить что, примерно 2/3 эффективной эквивалентной дозы облучения, которую человек получает от естественных источников радиации, обусловлены внутренним облучением.

Таким образом, результаты анализа литературных данных свидетельствуют, что земные источники радионуклидов – это в первую очередь калий-40 и члены двух радиоактивных семейств — урана-238 и тория-232, среди которых наиболее значим природный радиоактивный газ радон (его вклад равен 2/3), присутствующий в воде, природном газе, горных породах (прежде всего в гранитах), различных строительных материалах.

По данным ООН, вклад различных источников ионизирующего излучения в среднюю годовую эффективную эквивалентную дозу облучения среднестатистического человека выглядит следующим образом: *естественные источники* - 2 мЗв (или 82,61%), *техногенные* - 0,421 мЗв (17,39%). В общей сумме - 2,421 мЗв.

При этом естественное (природное) облучение складывается из «земного» и «космического». *На долю «земного» облучения* приходится 1,675 мЗв (69,186%), в том числе *на долю внутреннего облучения* - 1,325 мЗв (54,729%), *на долю внешнего* - 0,35 мЗв (14,457%), *на долю космического* - 0,315 мЗв (13,011%). Все проценты даны от общей суммы 2,421 мЗв.

Ограничение облучения населения Казахстана осуществляется путем регламентации содержания радионуклидов в пищевых продуктах в соответствии с гигиеническими нормативами № 201 «Санитарно-эпидемиологические требования к обеспечению радиационной безопасности».

2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Работа является фрагментом Научно-технической программы посвященной изучению комплексных подходов в управлении состоянием здоровья населения Приаралья.

Объектами радиоэкологических исследований в зимний и летний периоды года явились территории населенных пунктов: пос. Атасу и пос. Улытау Карагандинской области, г. Аральск и пос. Жосалы Кызылординской области, г. Арыс Южно-Казахстанской области, которые входят в основную зону Приаралья. Контрольным районом выбран Жанааркинский район Карагандинской области пос. Атасу, который по географическим, климатическим, социальным, национальным, демографическим условиям, а также по характеру занятости населения соответствует основной части территорий экологического бедствия.

2.1 Климатические и географические особенности Приаралья

Территория Казахской части Приаралья входит в состав континентальной Северо-Туранской климатической области пустынной зоны. Большая часть территории Приаралья приходится на Кызылординскую область. Область расположена к востоку от Аральского моря в нижнем течении реки Сырдарья. Климат Приаралья, формирующийся под влиянием континентальных сибирских и арктических воздушных масс, резко континентальный, с большими годовыми и суточными амплитудами температуры воздуха, неустойчивыми климатическими показателями во времени. Приаралье отличается низким температурным фоном зимой, значительной продолжительностью холодного периода года. Осадков выпадает очень мало. Такой климатический режим обусловлен расположением области внутри евроазиатского материка, южным положением, особенностями циркуляции атмосферы, характером подстилающей поверхности и другими факторами, выражающихся в резком дефиците влажности и очень высоким - более 3, индексом сухости Будыко-Григорьева, который отражает соотношение радиационного баланса и затрат тепла на испарение атмосферных осадков. Лето жаркое и продолжительное. Резких различий в температурах в этот период не наблюдается. Повсеместно средняя температура июля $36-39^{\circ}\text{C}$. Абсолютный максимум температуры на преобладающей части территории Приаралья $44-48^{\circ}\text{C}$. Засушливость – одна из отличительных черт климата региона. Для всей территории области характерны частые и сильные ветры, преимущественно северо-восточного направления. Средняя годовая скорость их колеблется от 3,1 до 6,0 м/с. Сильные ветры зимой при низких температурах сдувают незначительный снежный покров с возвышенных частей рельефа, что вызывает глубокое промерзание и растрескивание верхних слоев почвы. В летнее время наблюдаются пыльные бури [94-97].

2.2 Метод автомобильной гамма-спектрометрической съемки

Рекогносцировочные гамма-спектрометрические съемки изучаемых территорий Приаралья проведены с помощью передвижной радиометрической лаборатории «Гамма-Сенсор» (рис.1).



Рисунок 1 – Радиометрическая лаборатория «Гамма-Сенсор»

«Гамма-Сенсор» позволяет обнаружить аномальные радиоактивные участки с экспресс-анализом спектрального состава радиоактивного загрязнения с привязкой к географическим координатам местности и имеет следующие отличительные свойства:

- обнаружение и локализация радиоактивных источников и загрязнений;
- автоматическое введение базы данных с записью мощности дозы, спектрального состава радиоактивных загрязнений, времени измерения, географических координат с последующим картографированием местности;
- сигнализация, о превышении установленных порогов по мощности дозы.

Всего в ходе автомобильной гамма-спектрометрической съемки проведено 3886 точек измерений.

2.3 Метод измерения гамма-фона

Измерения гамма-фона изучаемых территорий, входящих в зону Приаралья проводились с помощью дозиметрической и радиометрической аппаратурой.

Дозиметрические измерения проводились с использованием дозиметров ДКС-96, «РКС-01-Соло» и радоновых мониторов, «Рамон-02А».

При обследовании местности производились измерения мощности эквивалентной дозы (МЭД) гамма-излучения, плотности потока α – и β - частиц и эквивалентной равновесной объемной активности дочерних продуктов изотопов радона ^{222}Rn и ^{220}Rn .



Рисунок 2 – Измерение МЭД гамма-излучения и ЭРОА дочерних продуктов изотопов радона

Мощность эквивалентной дозы гамма-излучений на территории и помещениях проводили согласно Методическим рекомендациям по радиационной гигиене, утвержденные приказом председателя КГСЭН МЗ РК № 194 от 8 сентября 2011 года:

С помощью воздухозаборного устройства производился отбор аэрозолей альфа-излучающих дочерних продуктов радона и торона.

Измерения эквивалентной равновесной объемной активности радона и торона заключались в отборе аэрозолей дочерних продуктов распада радона и торона на аэрозольные фильтры, измерение активности α -излучателей (RaA , RaC^1) и (ThC^1), где RaA – дочерний продукт радона ^{218}Po , RaC^1 – дочерний продукт радона ^{214}Po , ThC^1 – дочерний продукт торона ^{212}Po . Захват дисперсной фазы аэрозолей выполнялся фильтрами типа АФА-РСП-20.

Регистрация импульсов альфа-частиц от дочерних продуктов, содержащихся на фильтре, осуществлялась с помощью полупроводникового детектора альфа - частиц площадью 20 см^2 .

Для определения координат был использован спутниковый навигационный прибор Garmin, который позволяет определять местоположение точек в географической системе координат.

На всех участках были отобраны пробы почв с целью определения в них на этапе лабораторных исследований радионуклидов.



Рисунок 3 – Отбор проб объектов окружающей среды территорий входящих в зону Приаралья

Пробы воды были отобраны в соответствии с руководством ГОСТ 17.1.5.05-85 «Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору поверхностных и морских вод, льда и атмосферных осадков» и ГОСТ Р 51592-2000. «Вода. Общие требования к отбору проб».

Отобранные пробы воды для определения радионуклидов, подвергались сначала фильтрованию, затем выпариванию. Сухой остаток озоляли при температуре 450⁰С.

2.4 Радиоспектрометрические и радиохимические методы

Суммарные альфа-, бета активности в пробах окружающей среды измерялись на радиометре «УМФ-2000» (№ KZ.07.00.00441-2005 «Методика измерения суммарной альфа- и бета-активности водных проб альфа-, бета-радиометром УМФ-2000»).

Анализ проводился согласно методическим рекомендациям «Суммарная активность альфа- и бета- излучающих радионуклидов в природных водах (пресных и минерализованных)», регистрационный № KZ.07.00.01080-2010.

Измерения счетных образцов, получение результата измерения и оценка неопределенности выполнялись в соответствии с методикой выполнения измерений данного типа радиометра.

Результаты измерения рассчитывались по объемной активности α - и β -излучающих радионуклидов ($OA_{\alpha,\beta}$, Бк/дм³) с оценкой неопределенности измерений по формулам:

$$OA_{\alpha,\beta} = \frac{I_{co,\alpha}}{\varepsilon_{\alpha} \cdot K_{\alpha}^e} \cdot \frac{M_1}{V \cdot m_{co}} \quad \text{и} \quad OA_{\beta} = \frac{I_{co,\beta}}{\varepsilon_{\beta}} \cdot \frac{M_{\beta}^i}{V_{\beta}^i \cdot m_{co}^{\beta}}$$

где,
 $I_{\alpha,\beta}$ - скорость счета α - и β -частиц, s^{-1} (за вычетом фона радиометра по α - и β -каналам);
 $\varepsilon_{\alpha,\beta}$ - градуировочные коэффициенты (эффективность регистрации α - и β -частиц) для данной массы счетного образца m_{co} или m_{co}^{β} , отн. ед.;
 M_1 - масса концентрата, полученного из 1 dm^3 водной пробы, г;
 m_{co} - масса счетного образца, г;
 V - объем водной пробы, dm^3 ;
 $K_{\alpha}^{\varepsilon} = 1,1$ - экспериментально установленный для условий данной методики поправочный коэффициент, учитывающий различие в эффективных атомных весах $Z_{эфф}$ контрольной пробы (КП «Альфа») и получаемого из водной пробы счетного образца (отн. ед.);
 V_{β}^i - объем водной пробы, упаренный до сухого остатка для измерения суммарной β -активности, dm^3 ;
 M_{β}^i - масса сульфатированного сухого остатка (г), полученного из объема V_{β}^i ; m_{co}^{β} - масса счетного образца, в котором измеряется суммарная активность β -излучающих радионуклидов, г.

Измерение объемной активности радия-226 в пробах природных вод выполнялась согласно «Методике выполнения измерений объемной активности радия (226, 228) в пробах природных вод с минерализацией до 5 mg/dm^3 альфа-, бета-радиометрическим методом с радиохимической подготовкой». Данная методика внесена в реестр ГСИ РК, регистрационный № KZ. 07.00.01508-2012.

Измерения проводились на низкофоновом альфа-бета радиометре УМФ-2000 аттестованный для измерений изотопов радия (226, 228) в геометрии порошковой пробы массой 100 мг в стандартной кювете.

Обработка результатов измерений проводилась в расчете объемной активности радия-226 и оценке суммарной неопределенности результата.

Уран-238 в пробах природных вод исследовался по «Методике выполнения измерений объемной активности изотопов урана (234, 238) в природных водах с минерализацией до 5 g/dm^3 альфа-спектрометрическим методом с радиохимическим выделением». Регистрационный № KZ.07.00.01641-2012.

Торий - 228,230,232 в пробах природных вод исследовался по «Методике выполнения измерений объемной активности изотопов тория (232, 230, 228) в природных водах с минерализацией до 5 g/dm^3 альфа-радиометрическим методом с радиохимической подготовкой». Регистрационный № KZ. 07.00.01595 – 2012.

Детектирование альфа-частиц осуществляют с помощью альфа-спектрометров «Прогресс-альфа» с программным обеспечением «Прогресс-2000».

Спектрометрическое детектирование альфа-частиц от счетного образца, представляющего собой стальной диск с электролитическим осажденными

изотопами тория, производили с помощью альфа-спектрометра «Прогресс-альфа» с соответствующим программным обеспечением «Прогресс-2000». Измеренные альфа - спектры обрабатывались в соответствии со стандартными аттестованными программными приложениями для альфа-спектрометрического анализа изотопов тория.

Измерение активности проб почвы проводились на спектрометрическом комплексе «Прогресс» № 0104-Г гамма и бета спектрометрическими трактами, согласно методике “Методика измерения активности радионуклидов с использованием сцинтилляционного гамма-, бета-спектрометра с программным обеспечением «Прогресс», № KZ.07.00.00303-2004 (рис.4).



Рисунок 4 – Измерение удельной активности радионуклидов

Всего проведено исследований:

- пешеходные гамма-съемки – 977 точек на высотах 5 см и 1 м ;
- измерение ЭРОА радона в жилых помещениях – 222 измерений ;
- отбор проб объектов окружающей среды: вода – 34 проб, почва-165 проб и пищевые продукты (4 проб молока и 3 сорта риса) для радиоспектрометрического и радиохимического анализа.

Для разработки практических рекомендаций по обеспечению радиационной безопасности критических групп населения, проживающих на территориях входящих в зону Приаралья, проведена оценка степени напряженности радиационной ситуации 5-ти населенных пунктов Приаралья по бальной системе согласно Методическим рекомендациям «Комплексная гигиеническая оценка степени напряженности медико-экологической ситуации различных территорий, обусловленной загрязнением токсикантами среды обитания населения» (Методические рекомендации № 2510/5716-97-32 (д) от 30 июля 1997 г.).

Статистическая обработка результатов проводилась общепринятыми методами с использованием критерия Стьюдента и пакета документов, представляемых программами *Microsoft Excel* и *Statistica 6.0*.

3. ОЦЕНКА РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ ТЕРРИТОРИЙ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ, ВХОДЯЩИХ В ЗОНУ ПРИАРАЛЬЯ

3.1 Рекогносцировочные гамма-спектрометрические съемки территорий, входящих в зону Приаралья

Маршрутная автомобильная гамма-съемка выполнена на территории населенных пунктов: в г. Аральск, пос. Жосалы Кызылординской области, пос. Улытау и Атасу Карагандинской области и г. Арыс Южно-Казахстанской области.

Результаты гамма-спектрометрических съемок территорий позволили установить, что показатели мощности эквивалентной дозы (МЭД) гамма излучений на обследованных территориях Приаралья варьировали в пределах от 0,01 до 0,24 мкЗв/час (рис. 5).

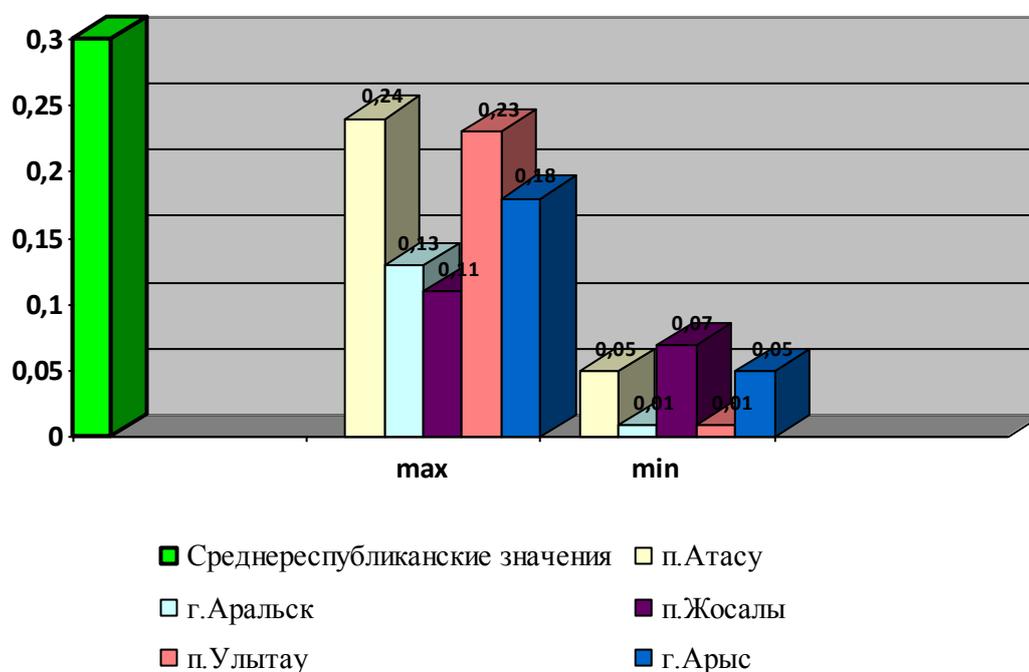


Рисунок 3- Результаты автомобильной гамма-съемки территории населенных пунктов, входящих в зону Приаралья, мкЗв/час

Наиболее высокие показатели МЭД гамма излучений отмечены на территориях Приаралья, прилегающих к Карагандинской области, а именно в поселках п. Атасу от 0,05 до 0,24 мкЗв/час и Улытау от 0,01 до 0,23 мкЗв/час.

В г. Арыс Южно-Казахстанской области показатели МЭД гамма излучений колебались в от 0,05 до 0,18 мкЗв/час.

Наименьшие показатели МЭД гамма излучения выявлены на территории Кызылординской области г. Аральск - от 0,01 до 0,13 мкЗв/час и п. Жосалы - от 0,07 до 0,11 мкЗв/час. Эти показатели МЭД гамма излучений по сравнению с территориями п.Улытау и р.Атасу были в процентном соотношении были ниже уже на 45,8 % и 54,2%, соответственно.

Таким образом, результаты проведенных рекогносцировочных гамма-спектрометрических съемок, обследованных территорий, прилегающих в зону Приаралья свидетельствуют, что показатели МЭД гамма излучений не превышают среднереспубликанских значений. При этом, хотелось бы подчеркнуть, что в населенных пунктах п.Улытау и п. Атасу Карагандинской области эти показатели были сравнительно выше от 34 до 54% по сравнению с территориями Южно-Казахстанской и Кызылординской областей.

3.2 Оценка удельной активности радионуклидов в пробах почвы на исследуемых территориях, входящих в зону Приаралья

Результаты анализа радионуклидного состава почвы исследуемых территорий Приаралья позволили выявить, что в образцах почвы выявлены содержания таких природных радионуклидов, как торий - 232, радий- 226 и калий – 40 (табл. 1.).

Таблица 1 - Радионуклидный состав поверхностного слоя почвы территорий населенных пунктов, входящих в зону Приаралья

Место измерения (территория)	Th-232,%	Ra-226,%	K-40,%	Другие радионуклиды, %
пос. Атасу	45,9	3,7	10,3	40,1
г. Аральск	47,6	4	10,7	37,7
пос. Жосалы	49,2	4	11,1	35,7
г. Арыс	42,6	3,4	9,6	44,4
пос. Улытау	40,5	3,2	9,2	47,1

Радиоактивный ^{232}Th широко распространен в глинистых разновидностях почвы. Все изотопы тория являются мощными (5 МэВ) альфа излучателями.

Показатели удельной активности ^{232}Th в образцах почвы, отобранных на изучаемых территориях, входящих в зону Приаралья варьировали в пределах от 40,5 до 49,2%. Высокое содержание тория в почве отмечено на территории Кызылординской области: пос.Жосалы- 49,2% и г.Аральск -47,6%. При этом наименьшее содержания ^{232}Th выявлено в п. Улытау (40,5%) и г. Арыс (42,6%), что ниже на 8,7% и 6,6%, соответственно по сравнению с показателями п. Жосалы Кызылординской области.

Радий (Ra) широко распространен в горных породах и рудах. Все изотопы радия радиоактивны. Соль чистого радия является альфа -излучателем. При накоплении в ней продуктов распада (радона и актиния) радий становится источником бета и гамма-излучений.

Наиболее высокие показатели удельной активности радия-226 в образцах почвы отмечены в г. Аральск и п. Жосалы Кызылординской области (по 4%). В

сравнительном аспекте этот показатель выше на 0,8%, по сравнению с содержанием в пробах почвы, отобранных в пос. Улытау Карагандинской области и на 0,6% по сравнению с г.Арыс Южно-Казахстанской области.

Содержание радиоактивного калия в природной смеси изотопов постоянна и составляет 0,0118 мас.%. В земной коре содержание радионуклидов достигает 3 мас.%, в почвах- 3,1 мас.%, в вулканических породах- 5,1 мас.%. В рационе питания человека содержание калия колеблется от 1,5 до 4,5 г/сут. в зависимости от состава питания. Средняя мощность поглощенной дозы ^{40}K составляет 170-190 мкГр (17-19 мрад/год).

Показатели удельной активности ^{40}K в образцах почвы, отобранных на изучаемых территориях, входящих в зону Приаралья варьировали в пределах от 9,2% до 11,1%. Наибольший показатель удельной активности ^{40}K в почве отмечается в пос.Жосалы (11,1%).

Следует отметить, что в образцах почвы, отобранных на изучаемых территориях Приаралья отмечается содержание и других природных радиоактивных веществ в пределах от 35,7 до 47,1%. При этом наибольшее их содержание отмечены в образцах исследуемых почвенных покровов, отобранных с территории пос. Улытау (47,1%).

В целом, результаты гамма-спектрометрических съемок исследуемых территорий свидетельствуют, что удельная активность природных радионуклидов по уровню МЭД гамма излучения и содержанию их в почве не превышают допустимые уровни и находятся в пределах средних республиканских значений.

4. ОЦЕНКА РАДИАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ НА ОТКРЫТЫХ ТЕРРИТОРИЯХ, В ЖИЛЫХ И ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЯХ, РАСПОЛОЖЕННЫХ В НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТАХ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СЕЗОНА ГОДА

Пешеходная гамма-съемка на территории населенных пунктов проводилась по сети 500 x 500 м с детализацией на участках радиоактивного загрязнения. На каждом из выявленных участков проводилась детальная гамма-съемка по сети 1x1м с измерением гамма-фона, альфа- и бета- излучения.

Проводились измерение мощности экспозиционной дозы гамма-излучения (МЭД), плотности потоков α – и β - частиц и эквивалентной равновесной объемной активности (ЭРОА) дочерних продуктов изотопов радона ^{222}Rn в жилых и общественных зданиях исследуемых населенных пунктов.

Показатели МЭД гамма-излучения в зимний период в жилых домах и на территории поселка Атасу варьировали от 0,07 до 0,11 мкЗв/час (табл.2).

Таблица 2- Показатели МЭД гамма-излучения, плотности потоков α -, β -частиц на территории поселка Атасу (зимний период)

№ п/п	Номер точки / место измерения	Географические координаты	МЭД гамма-излучения, мкЗв/час		Плотность потока альфа-частиц част/см ²	Плотность потока бета-частиц част/см ²
			1 м	5 см		
1	п.Атасу, ул. Оспанова 11	N48°40'47,4" E071°31'38,9"	0,07	0,07	0,26	10,40
2	п.Атасу, ул. Оспанова 10	N48°40'49,7" E071°37'36,8"	0,09	0,08	0,20	10,00
3	п.Атасу, ул. Садвакасова 55/2	N48°41'12,3" E071°37'58,8"	0,08	0,08	0,13	10,24
4	п.Атасу, ул. Садвакасова 57/1	N48°41'14,2" E071°38'04,8"	0,10	0,07	0,18	10,40
5	п.Атасу, ул. Баян Кошкенова 34	N48°41'21,6" E071°38'00,7"	0,08	0,09	0,18	8,50
6	п.Атасу, ул. Сарысу 53/1	N48°41'52,9" E071°38'55,3"	0,07	0,09	0,30	12,00
7	п.Атасу, ул. Трудко 26/2	N48°41'53,0" E071°38'59,6"	0,08	0,9	0,15	9,12
8	п.Атасу, ул. Бала Баксы 119	N48°41'35,4" E071°39'51,2"	0,07	0,09	0,15	10,72
9	п.Атасу, ул. Бала Абжанова 92	N48°41'38,5" E071°39'57,0"	0,09	0,08	0,18	9,80
10	п.Атасу, ул. Шон-Телкозы 21	N48°41'05,6" E071°39'26,5"	0,08	0,08	0,22	11,00
11	п.Атасу, ул. Шон-Телкозы 51	N48°41'27,1" E071°40'16,9"	0,07	0,08	0,18	11,70

12	п.Атасу, ул. Исмаилова 13	N48°40'43,2" E071°39'03,0"	0,08	0,08	0,15	11,90
13	п.Атасу, ул. Орманбаева 4/1	N48°40'29,7" E071°38'17,4"	0,08	0,09	0,20	8,80
14	п.Атасу, ул. Орманбаева 40	N48°40'28,8" E071°39'07,7"	0,09	0,08	0,20	9,12
15	п.Атасу, ул. Сейфуллина 27/1	N48°40'56,7" E071°39'32,2"	0,09	0,09	0,15	8,48
16	п.Атасу, ул. Сейтымбек 31	N48°40'58,2" E071°38'15,0"	0,09	0,08	0,18	10,08
17	п.Атасу, ул. Сейтымбек 26	N48°40'51,6" E071°37'59,9"	0,08	0,07	0,18	1,00
18	п.Атасу, ул. Оспанова 41/2	N48°40'53,9" E071°37'59,5"	0,09	0,09	0,18	7,10
19	п.Атасу, точка №6	N48°40'52,9" E071°38'00,6"	0,10	0,11	0,15	7,79
20	п.Атасу, точка №7	N48°41'35,5" E071°40'33,0"	0,10	0,09	0,15	7,56

В летний период в жилых домах и на территориях поселка Атасу показатели МЭД гамма-излучения варьировали в пределах от 0,11 до 0,17 мкЗв/час (табл.3).

Таблица 3- Показатели МЭД гамма-излучения, плотности потоков α -, β -частиц на территории поселка Атасу (летний период)

№ п/п	Номер точки / место измерения	Географические координаты	МЭД гамма-излучения, мкЗв/час		Плотность потока альфа-частиц част/см ²	Плотность потока бета-частиц част/см ²
			1 м	5 см		
1.	п.Атасу, ул. Садвакасова 55/2	N48°41'12,3" E071°37'58,8"	0,14	0,14	0,20	7,50
2.	п.Атасу, ул. Баян Кошкенова 34	N48°41'21,6" E071°38'00,7"	0,11	0,15	0,15	9,70
3.	п.Атасу, ул. Бала Баксы 119	N48°41'35,4" E071°39'51,2"	0,17	0,16	0,18	10,20
4.	п.Атасу, ул. Бала Абжанова 92	N48°41'38,5" E071°39'57,0"	0,11	0,15	0,15	10,70
5.	п.Атасу, ул. Сейдимбек 31	N48°40'58,2" E071°38'15,0"	0,15	0,14	0,20	8,60
6.	п.Атасу, ул. Сейдимбек 26	N48°40'51,6" E071°37'59,9"	0,14	0,14	0,15	9,40
7.	п.Атасу, ул. Оспанова 41/2	N48°40'53,9" E071°37'59,5"	0,14	0,13	0,20	10,40
8.	Напротив р-н Султана Возле забора по ул Сейфулина 3	N 48°41'13,6" E 71°37'59,4"	0,11	0,11	0,20	8,00

9.	Точка № 2 Напротив маг Нұрай пер ул Жамбыл- Садвақасов возле дороги	N 48°41'35,2" E 71°38'31,9"	0,12	0,11	0,13	7,04
10.	Точка № 3 напротив Бани	N 48°41'35,2" E 71°39'38,6"	0,13	0,12	0,15	7,79
11.	Точка № 5	N 48°41'35,2" E 71°38'31,9"	0,11	0,11	0,22	8,08
12.	Напротив р-н Султана Возле забора по ул Сейфулина 3	N 48°41'13,6" E 71°37'59,4"	0,11	0,11	0,20	8,00

Результаты исследования позволили установить, что показатели МЭД гамма излучения в зимний период в пос.Улытау варьировала от 0,04 до 0,11 мкЗв/час, и не превышали допустимые значения (табл.4).

Таблица 4 - Показатели МЭД гамма-излучения, плотности потоков α -, β -частиц на территории поселка Улытау (зимний период)

№ п/п	Номер точки / место измерения	Географические координаты	МЭД гамма- излучения, мкЗв/час		Плотность потока альфа- частиц част/см ²	Плотность потока бета- частиц част/см ²
			1 м	5 см		
1.	п. Улытау, точка №1	N48°39'21,0" E067°00'09,3"	0,10	0,04	0,55	8,00
2.	п. Улытау ул. Коктобе 3	N48°39'23,8" E067°00'08,3"	0,10	0,8	0,04	9,23
3.	п. Улытау ул. Асатова 11/1	N48°39'25,4" E067°00'06,0"	0,11	0,10	0,50	11,00
4.	п. Улытау, ул.Иманжанова 4	N48°39'07,"0 E066°59'43,8"	0,09	0,07	1,12	12,16
5.	п. Улытау, ул. Амангелди 5	N48°39'40,7" E066°59'52,1"	0,08	0,05	0,60	12,60
6.	п. Улытау, ул. Амангелди 4	N48°39'11,1" E066°59'51,1"	0,07	0,07	0,50	11,00
7.	п.Улытау, ул. Амангелди 30	N48°39'05,6" E067°00'10,0"	0,08	0,04	1,00	15,42
8.	п.Улытау, ул. Тауелсиздик 12	N48°39'29,3" E067°00'59,5"	0,09	0,06	0,40	12,00
9.	п.Улытау, ул. Тайжан 52/2	N48°39'30,2" E067°00'43,5"	0,09	0,05	0,22	10,20
10.	п.Улытау, ул.	N48°39'55,9"	0,09	0,06	0,40	9,40

	Тайжан 38/1	E067 ⁰ 00'63,3"				
11.	п.Улытау, ул. Тайжан 6	N48 ⁰ 39'62,0" E067 ⁰ 00'40,6"	0,11	0,08	1,10	10,90
12.	п.Улытау, ул. Булкышева 28	N48 ⁰ 39'13,8" E067 ⁰ 00'33,9"	0,09	0,05	1,01	15,40
13.	п.Улытау, ул. Тайжанова 24/2	N48 ⁰ 39'27,3" E067 ⁰ 00'36,4"	0,10	0,08	2,24	9,00
14.	п.Улытау, ул. Тайжанова 34/1	N48 ⁰ 39'33,1" E067 ⁰ 00'22,8"	0,11	0,10	2,10	10,10
15.	п.Улытау, ул. Сатбаева 7	N48 ⁰ 39'37,6" E067 ⁰ 00'30,8"	0,10	0,08	0,44	11,16
16.	п.Улытау, ул. Асатова 33/1	N48 ⁰ 39'62,6" E067 ⁰ 00'51,3"	0,10	0,11	0,40	10,90
17.	п.Улытау, ул. Асатова 34/2	N48 ⁰ 39'62,6" E067 ⁰ 00'51,3"	0,09	0,09	0,24	9,40
18.	п.Улытау, ул. Асатова 27/2	N48 ⁰ 39'62,6" E067 ⁰ 00'51,3"	0,11	0,09	0,22	10,90
19.	п. Улытау, точка №2	N48 ⁰ 39'32,6" E066 ⁰ 59'42,0"	0,09	0,11	0,11	7,10
20.	п. Улытау, точка №3	N48 ⁰ 39'08,4" E066 ⁰ 59'51,8"	0,11	0,11	0,15	6,51
21.	п. Улытау, точка №4	N48 ⁰ 39'06,5" E066 ⁰ 59'11,1"	0,11	0,10	0,11	7,68
22.	п. Улытау, точка №5	N48 ⁰ 38'57,6" E066 ⁰ 59'50,4"	0,09	0,09	0,15	7,48
23.	п. Улытау, точка №6	N48 ⁰ 39'04,7" E067 ⁰ 00'51,7"	0,10	0,10	0,15	6,92

В летний период года показатели МЭД гамма -излучения на территории поселка Улытау колебались в пределах от 0,08 до 0,31 мкЗв/час (табл.5).

Таблица 5- Данные МЭД гамма-излучения, плотности потоков α -, β -частиц на территории поселка Улытау (летний период)

№ п/п	Номер точки / место измерения	Географические координаты	МЭД гамма-излучения, мкЗв/час		Плотность потока альфа-частиц част/см ²	Плотность потока бета-частиц част/см ²
			1 м	5 см		
1.	ул. Иманжанов 2	N48 ⁰ 39'07,8" E066 ⁰ 59'48,4"	0,31	0,30	0,11	7,36
2.	ул. Асатова 11/1	N48 ⁰ 39'25,4" E067 ⁰ 00'06,0"	0,15	0,15	0,40	9,44
3.	ул.Иманжанова 4	N48 ⁰ 39'07,"0 E066 ⁰ 59'43,8"	0,25	0,24	0,24	8,96
4.	ул. Амангелди 5	N48 ⁰ 39'40,7" E066 ⁰ 59'52,1"	0,25	0,27	0,42	10,50

5.	ул. Амангелди 30	N48°39'05,6" E067°00'10,0"	0,30	0,28	0,24	9,40
6.	ул. Тайжан 52/2	N48°39'30,2" E067°00'43,5"	0,15	0,17	0,29	9,56
7.	ул. Тайжан 38/1	N48°39'55,9" E067°00'63,3"	0,19	0,21	0,26	10,40
8.	ул. Тайжан 6	N48°39'62,0" E067°00'40,6"	0,20	0,20	0,22	12,10
9.	ул. Тайжан (без номера)	N48°39'27,4" E067°00'40,4"	0,14	0,13	0,15	11,40
10.	ул. Тайжанова 34/1	N48°39'33,1" E067°00'22,8"	0,16	0,18	0,18	10,40
11.	Точка № 5	N 48°39'21,4" E 67°00'48,6"	0,08	0,08	0,13	6,94
12.	Точка № 3	N 48°39'33,2" E 67°00'33,0"	0,13	0,11	0,15	7,79
13.	Точка № 2 Возле Сарыарка 35	N 48°39'33,2" E 66°59'59,1"	0,15	0,15	0,18	7,91
14.	Точка № 1 Возле дома от горы	N 48°39'44,9" E 67°00'14,9"	0,16	0,13	0,20	6,44

В Южно-Казахстанской области в г. Арысь проведены по сезонам года 29 радиоспектрометрических замеров в общественных и жилых зданиях. Показатели МЭД гамма излучения в зимний период года колебались в пределах от 0,09 до 0,17 мкЗв/час (табл.6).

Таблица 6 - Показатели МЭД гамма-излучения, плотности потоков α -, β -частиц на территории г. Арыс (зимний период)

№ п/п	Номер точки / место измерения	Географи- ческие координаты	МЭД гамма- излучения, мкЗв/час		Плотность потока альфа- частиц част/см ²	Плотность потока бета- частиц част/см ²
			1 м	5 см		
1.	Воинская часть №44	N42°26'51,36" E068°48'17,55"	0,14	0,13	0,13	10,08
2.	Воинская часть №44	N42°26'28,21" E068°49'22,54"	0,13	0,12	0,15	9,12
3.	Район ПМС (путье-машинная станция)	N42°26'28,21" E068°47'43,74"	0,12	0,12	0,04	6,88
4.	Котельная (угольный склад), ул. Каныбек Жансарыулы	N42°26'28,21" E068°48'49,44"	0,11	0,13	0,15	10,78
5.	Район ПМС	N42°26'28,21" E068°49'55,26"	0,12	0,13	0,15	6,88
6.	Элеватор	N42°26'04,35"	0,12	0,13	0,15	8,04

	(Зернохранилище) ж/д пути	E068 ⁰ 47'11,36"				
7.	п.Арысь ул.Абдразакова 1	N42 ⁰ 26'04,35" E068 ⁰ 48'17,55"	0,13	0,14	0,18	9,98
8.	п.Арысь ул.Алма Оразбеовой 14	N42 ⁰ 26'04,35" E068 ⁰ 50'27,55"	0,11	0,12	0,13	12,72
9.	реак Арыс (р-н ПМС)	N42 ⁰ 26'04,35" E068 ⁰ 49'22,54"	0,11	0,11	0,16	9,16
10.	Водонапорная башня (Задарья)	N42 ⁰ 25'40,12" E068 ⁰ 46'38,44"	0,11	0,12	0,18	13,44
11.	п.Арысь ул.Ергобек 31	N42 ⁰ 25'40,11" E068 ⁰ 47'43,74"	0,15	0,16	0,18	10,72
12.	ул. Ленина 152	N42 ⁰ 25'40,11" E068 ⁰ 48'49,44"	0,15	0,15	0,15	7,96
13.	мост ж/д (р-н ПМС) над мостом р-н школы №2	N42 ⁰ 25'40,11" E068 ⁰ 47'55,26"	0,11	0,10	0,15	9,44
14.	198 задария	N42 ⁰ 25'16,20" E068 ⁰ 46'05,75"	0,11	0,10	0,18	12,12
15.	ул. Шукирбекова 10 б Задария	N42 ⁰ 25'16,20" E068 ⁰ 47'11,36"	0,13	0,14	0,18	11,44
16.	ул. Онтаева (скотный базар)	N42 ⁰ 25'16,20" E068 ⁰ 48'17,55"	0,10	0,12	0,20	9,28
17.	р-н ПМС	N42 ⁰ 25'16,20" E068 ⁰ 49'22,54"	0,09	0,09	0,18	12,04
18.	ул Жангельдина магазин Нурбак, угол ул. Шукрибекова	N42 ⁰ 24'52,08" E068 ⁰ 46'38,44"	0,15	0,14	0,15	6,90
19.	п.Арысь ул.Айтекеби 148	N42 ⁰ 24'52,08" E068 ⁰ 47'43,74"	0,11	0,12	0,15	8,74
20.	п.Арысь ул.Ешназарова 46	N42 ⁰ 24'52,08" E068 ⁰ 48'49,44"	0,12	0,12	0,20	7,64
21.	197 км (новостройки), Задария трасса на шардару	N42 ⁰ 24'27,76" E068 ⁰ 46'05,75"	0,09	0,10	0,15	9,68
22.	ул. Исламкулова (Нефте разведка)	N42 ⁰ 24'27,76" E068 ⁰ 47'11,36"	0,09	0,10	0,11	10,24
23.	п.Арысь ул.Балгынбекова 20	N42 ⁰ 24'27,76" E068 ⁰ 48'17,55"	0,17	0,17	0,18	8,80
24.	р-н Нефтьбазы	N42 ⁰ 24'02,53" E068 ⁰ 46'38,44"	0,09	0,10	0,13	10,92
25.	п.Арысь, Южный р-н	N42 ⁰ 24'02,53" E068 ⁰ 48'49,44"	0,14	0,14	0,15	8,96
26.	п.Арысь ул. Макатаева	N42 ⁰ 24'02,53" E068 ⁰ 47'43,74"	0,13	0,12	0,11	8,84
27.	п.Арыс ул. Исаханова 14	N42 ⁰ 25'16,20" E068 ⁰ 47'11,36"	0,11	0,12	0,09	8,66
28.	Новостройки (самозастройки) по трассе "Арыс- Монтайтас"	N42 ⁰ 23'38,95" E068 ⁰ 47'11,36"	0,11	0,12	0,11	7,64
29.	Новостройки	N42 ⁰ 23'38,95"	0,10	0,12	0,15	9,68

	(самозастройки) по трассе "Арыс- Монтайтас"	E068 ⁰ 47'17,55"				
--	---	-----------------------------	--	--	--	--

Аналогичные результаты исследования позволили установить, что в летний период в жилых и общественных зданиях г. Арыс показатели МЭД гамма излучения находились в пределах от 0,09 до 0,18 мкЗв/час (табл. 7).

Таблица 7- Показатели МЭД гамма-излучения, плотности потоков α -, β -частиц на территории г. Арыс (летний период)

№ п/ п	Номер точки / место измерения	Географические координаты	МЭД гамма- излучения, мкЗв/час		Плотность потока альфа- частиц част/см ²	Плотность потока бета- частиц част/см ²
			1 м	5 см		
1.	Воинская часть №44	N42 ⁰ 26'51,36" E068 ⁰ 48'17,55"	0,14	0,13	0,13	10,08
2.	Воинская часть №44	N42 ⁰ 26'28,21" E068 ⁰ 49'22,54"	0,13	0,12	0,15	9,12
3.	Район ПМС (путе-машинная станция)	N42 ⁰ 26'28,21" E068 ⁰ 47'43,74"	0,12	0,12	0,04	6,88
4.	Котельная (угольный склад), ул. Каныбек Жансарыулы	N42 ⁰ 26'28,21" E068 ⁰ 48'49,44"	0,11	0,13	0,15	10,78
5.	Район ПМС (путе-машинная станция)	N42 ⁰ 26'28,21" E068 ⁰ 49'55,26"	0,12	0,13	0,15	6,88
6.	Эlevator (Зернохранилище) ж/д пути	N42 ⁰ 26'04,35" E068 ⁰ 47'11,36"	0,12	0,13	0,15	8,04
7.	п.Арысь ул.Абдразакова 1	N42 ⁰ 26'04,35" E068 ⁰ 48'17,55"	0,13	0,14	0,18	9,98
8.	п.Арысь ул.Алма Оразбеовой 14	N42 ⁰ 26'04,35" E068 ⁰ 50'27,55"	0,11	0,12	0,13	12,72
9.	реак Арыс (р-н ПМС Путье машинная станция)	N42 ⁰ 26'04,35" E068 ⁰ 49'22,54"	0,11	0,11	0,16	9,16
10.	Водонапорная башня (Задарья)	N42 ⁰ 25'40,12" E068 ⁰ 46'38,44"	0,11	0,12	0,18	13,44
11.	п.Арысь ул.Ергобек 31	N42 ⁰ 25'40,11" E068 ⁰ 47'43,74"	0,15	0,16	0,18	10,72
12.	ул. Ленина 152	N42 ⁰ 25'40,11" E068 ⁰ 48'49,44"	0,15	0,15	0,15	7,96
13.	мост ж/д (р-н ПМС) над мостом р-н школы №2	N42 ⁰ 25'40,11" E068 ⁰ 47'55,26"	0,11	0,11	0,15	9,44

14.	198 задария	N42 ⁰ 25'16,20" E068 ⁰ 46'05,75"	0,11	0,10	0,18	12,12
15.	ул. Шукирбекова 10 б Зардария	N42 ⁰ 25'16,20" E068 ⁰ 47'11,36"	0,13	0,15	0,18	11,44
16.	ул. Онтаева (скотный базар)	N42 ⁰ 25'16,20" E068 ⁰ 48'17,55"	0,11	0,12	0,20	9,28
17.	р-н ПМС	N42 ⁰ 25'16,20" E068 ⁰ 49'22,54"	0,09	0,09	0,18	12,04
18.	ул Жангельдина магазин Нурбак, угол ул. Шукрибекова	N42 ⁰ 24'52,08" E068 ⁰ 46'38,44"	0,15	0,14	0,15	6,90
19.	п.Арысь ул.Айтекеби 148	N42 ⁰ 24'52,08" E068 ⁰ 47'43,74"	0,11	0,12	0,15	8,74
20.	п.Арысь ул.Ешназарова 46	N42 ⁰ 24'52,08" E068 ⁰ 48'49,44"	0,12	0,12	0,20	7,64
21.	197 км (новостройки), Задария трасса на шардару	N42 ⁰ 24'27,76" E068 ⁰ 46'05,75"	0,09	0,10	0,15	9,68
22.	ул. Исламкулова (Нефте разведка)	N42 ⁰ 24'27,76" E068 ⁰ 47'11,36"	0,09	0,10	0,11	10,24
23.	п.Арысь ул.Балгынбекова 20	N42 ⁰ 24'27,76" E068 ⁰ 48'17,55"	0,17	0,18	0,18	8,80
24.	р-н Нефтьбазы	N42 ⁰ 24'02,53" E068 ⁰ 46'38,44"	0,09	0,10	0,13	10,92
25.	п.Арысь, Южный р-н	N42 ⁰ 24'02,53" E068 ⁰ 48'49,44"	0,14	0,14	0,15	8,96
26.	п.Арыс ул. Макатаева	N42 ⁰ 24'02,53" E068 ⁰ 47'43,74"	0,13	0,12	0,11	8,84
27.	п.Арыс ул. Исаханова 14	N42 ⁰ 25'16,20" E068 ⁰ 47'11,36"	0,11	0,12	0,09	8,66
28.	Новостройки (самозастройки) по трассе "Арыс- Монтайтас"	N42 ⁰ 23'38,95" E068 ⁰ 47'11,36"	0,11	0,12	0,11	7,64
29.	Новостройки (самозастройки) по трассе "Арыс- Монтайтас"	N42 ⁰ 23'38,95" E068 ⁰ 47'17,55"	0,10	0,12	0,15	9,68

Следует отметить, что в сравнительном аспекте изучаемые показатели в разные периоды года в Южно-Казахстанской области не превышали допустимые нормы радиационной безопасности.

В г. Аральск радиоспектрометрические исследования проведены в 14 жилых и общественных зданиях. Показатели МЭД гамма излучения в зимний период года варьировали от 0,08 до 0,18 мкЗв/час (табл.8).

Таблица 8- Показатели МЭД гамма-излучения, плотности потоков α -, β -частиц на территории г. Аральск (зимний период)

№ п/п	Номер точки / место измерения	Географические координаты	МЭД гамма-излучения, мкЗв/час		Плотность потока альфа-частиц част/см ²	Плотность потока бета-частиц част/см ²
			1 м	5 см		
1.	г.Аральск Детский сад "Карлыгаш" (подвальное помещение)	N46°48'32,7" E061°38'47,5"	0,12	0,12	0,2	8,32
2.	г.Аральск Детский сад "Карлыгаш" (1 этаж)	N46°48'32,7" E061°38'47,5"	0,12	0,12	0,15	11,12
3.	г.Аральск школа-Интернат №2 (2этаж)	N46°48'24,6" E061°38'47,4"	0,12	0,12	0,13	9,12
4.	г.Аральск школа-Интернат №2 (3этаж)	N46°48'24,6" E061°38'47,4"	0,13	0,11	0,18	8,48
5.	г.Аральск школа-Интернат №2 (1этаж кабинет физики)	N46°48'24,6" E061°38'47,4"	0,08	0,09	0,37	8,8
6.	г.Аральск ул. Бактыбай батыра 100	N46°48'25,1" E061°38'55,8"	0,11	0,12	0,28	9,12
7.	г. Аральск ул. Бактыбай батыра 97	N46°48'10,01" E061°39'09,8"	0,11	0,12	0,27	8,16
8.	г.Аральск ул. Ломоносова 17	N46°48'11,4" E061°39'20,8"	0,12	0,18	0,1	9,28
9.	г.Аральск, ул.Казак 5	N46°48'08,7" E061°39'25,3"	0,11	0,11	0,11	9,44
10.	г.Аральск, ул.Кызылорда 13	N46°48'07,3" E061°39'32,9"	0,10	0,11	0,12	7,94
11.	г.Аральск, ул. Казыбекби 1	N46°48'11,4" E061°40'01,8"	0,10	0,10	0,13	7,94
12.	г.Аральск, ул. Казыбекби 1	N46°47'10,3" E060°40'09,1"	0,11	0,12	0,13	8,64
13.	г.Аральск, пер.Шевченко 11	N46°48'23,1" E061°40'11,9"	0,13	0,13	0,2	7,94
14.	г.Аральск, пер.Шевченко 11	N46°48'23,1" E061°40'11,9"	0,09	0,09	0,22	8,32

В пос.Жосалы в зимний период года показатели МЭД гамма излучения варьировали от 0,09 до 0,14 мкЗв/час (табл.9).

Таблица 9- Показатели МЭД гамма-излучения, плотности потоков α -, β -частиц на территории пос. Жосалы (зимний период)

№ п/п	Номер точки / место измерения	Географические координаты	МЭД гамма-излучения, мкЗв/час		Плотность потока альфа-частиц част/см ²	Плотность потока бета-частиц част/см ²
			1 м	5 см		
24.	п.Жосалы, кармакшинская СШ №121 (1этаж, кабинет зав.уча)	N45°28'46,3" E064°05'15,7"	0,12	0,12	0,13	7,68
25.	п.Жосалы, кармакшинская СШ №121 (2этаж, учительская)	N45°28'46,3" E064°05'15,7"	0,14	0,12	0,15	9,92
26.	п.Жосалы, кармакшинская СШ №121 (3этаж,кабинет зав.уча)	N45°28'46,3" E064°05'15,7"	0,14	0,13	0,34	8,96
27.	п.Жосалы, ул.Изтылеуова 14	N45°29'15,3" E064°04'46,7"	0,13	0,12	0,2	8,96
28.	п.Жосалы, ул.Изтылеуова 10	N45°29'15,8" E064°04'48,4"	0,13	0,13	0,3	9,8
29.	п.Жосалы, ул.Изтылеуова 17	N45°29'14,6" E064°04'47,7"	0,12	0,11	0,16	10,72
30.	п.Жосалы, ул.Аманкелды 20	N45°29'06,8" E064°05'21,4"	0,09	0,11	0,19	9,44
31.	п.Жосалы ул.Коркыт ата 76	N45°28'38,2" E064°05'20,9"	0,13	0,14	0,18	10,08
32.	п.Жосалы ул.Токмагамбетова 1	N45°29'06,4" E064°05'32,4"	0,10	0,09	0,2	9,12
33.	п.Жосалы ул.Кайнарбаева 38	N45°28'57,3" E064°05'31,6"	0,11	0,11	0,15	7,36
34.	п.Жосалы, ул.Кошербаева 24	N45°28'54,7" E064°05'29,1"	0,11	0,12	0,29	9,6

Исследования концентрации ЭРОА радона в жилых и общественных зданиях в зимний период времени позволили установить, что содержание ЭРОА в воздухе жилых домов на территории контрольного поселка Атасу варьировала от 5 до 141 Бк/м³, не превышая уровень допустимых значений.

Самая высокая концентрация ЭРОА радона (1236 Бк/м³) зафиксирована в одном из жилых домов поселка Улытау. В целом концентрация ЭРОА изотопов радона в обследованных жилых помещениях варьировала от 31 до

1236 Бк/м³ и в 10-и домах данного поселка концентрация ЭРОА ²²²Rn превышала допустимые значения указанные в нормативах (ПДУ- 200 Бк/ м³) в 6 раз.

При исследовании концентрации ЭРОА радона в 12-ти жилых и общественных зданиях г. Арыс было выявлено, что содержание ЭРОА ²²²Rn варьировало в пределах от 9 до 19 Бк/м³, при этом эти показатели не превышали допустимых значений.

Исследования, проведенные в г. Аральск и поселке Жосалы Кызылординской области в зимний период года показали, что концентрация ЭРОА радона в г. Аральск колебалась в пределах от 6 до 33 Бк/м³, а в поселке Жосалы достигала лишь уровня от 4 до 10 Бк/м³ (рис. 6).

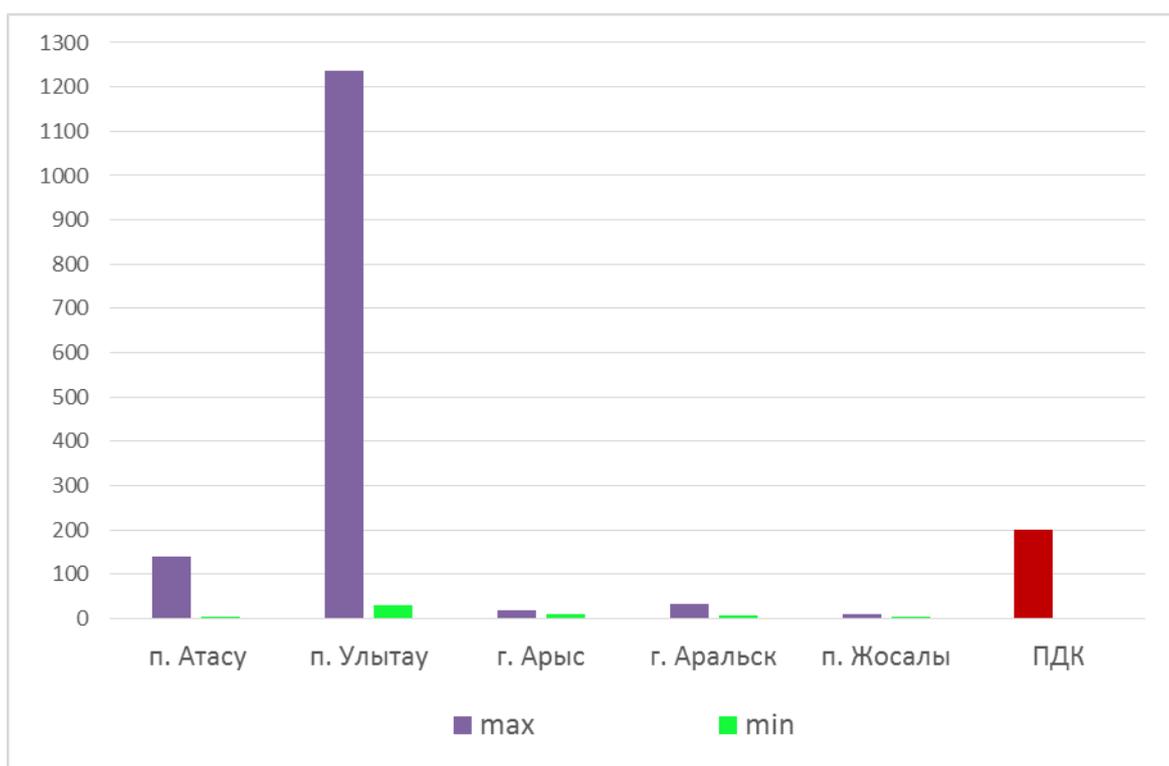


Рисунок 6- Показатели ЭРОА радона в жилых и общественных зданиях населенных пунктов, входящих в зону Приаралья (зимний период)

В летний период проведенные измерения концентрации ЭРОА радона на территориях исследуемых населенных пунктов показали, что на территории поселка Атасу, а именно в 7-и обследованных жилых домах содержание ЭРОА радона в воздухе достигало уровня 18-75 Бк/м³, что не превышало допустимых значений.

Концентрация ЭРОА радона в обследованных жилых комплексах пососелка Улытау варьировала от 5 до 557 Бк/м³. Из них в 3-х жилых домах содержание ЭРОА ²²²Rn превышало допустимые значения от 1,7 до 2,8 раза.

Аналогичные результаты исследования позволили установить, что в летний период в жилых и общественных зданиях г. Арыс показатели

концентрации ЭРОА радона варьировали от 1 до 12 Бк/м³, не превышая предельно-допустимых значений (рис 7).

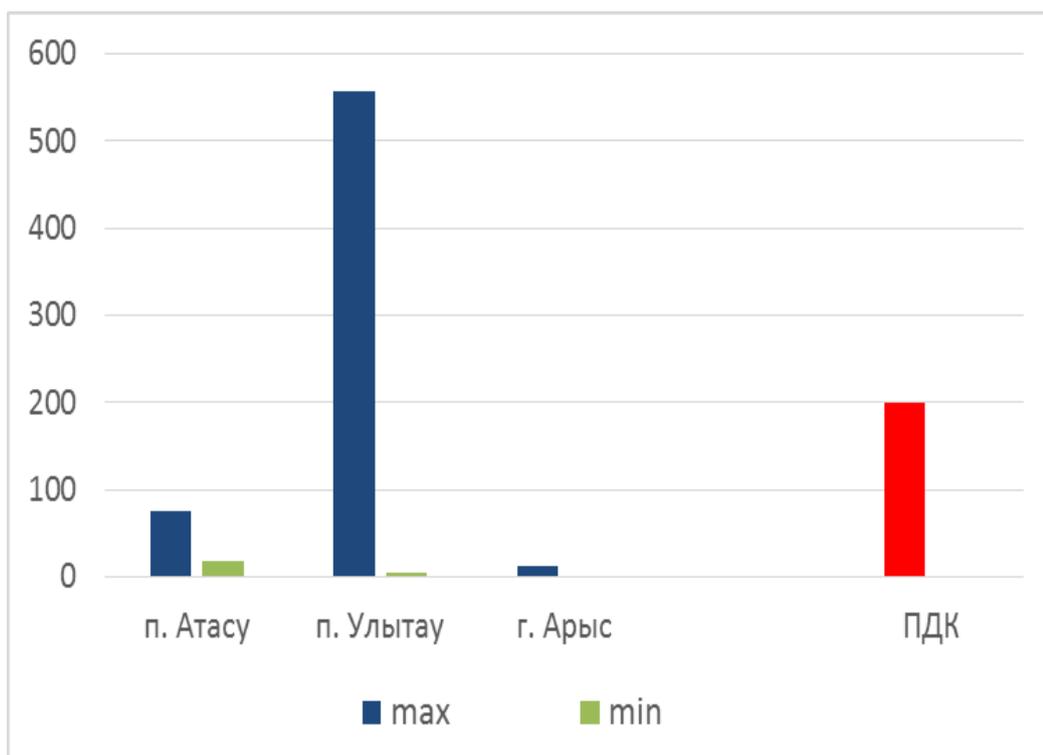


Рисунок 7- Показатели ЭРОА радона в жилых и общественных зданиях населенных пунктов, входящих в зону Приаралья (летний период)

Резюмируя результаты комплексных радиометрических исследований радиоационной обстановки нами выявлены разнонаправленные изменения показателей МЭД гамма-излучения и концентрации ЭРОА ²²²Rn в жилых и общественных зданиях и территориях, исследуемых населенных пунктов, прилегающих к зоне Приаралья (таб.10).

В сравнительном аспекте по сезонам года показатели концентрации ЭРОА ²²²Rn в жилых домах пос. Улытау превышали допустимые нормы радиационной безопасности в 2,2 раза по сравнению с зимним периодом года.

Следует отметить, что в летний период года снижение концентрации ЭРОА ²²²Rn в жилых домах связано с частым проветриванием подвальных и жилых помещений.

Необходимо акцентировать внимание на то, что ²²²Rn является радиоактивным газом, поступающим в помещение в основном из почвы под зданием и стеновых ограждений, который служит основным природным источником облучения человека.

Таблица 10 – Обобщенные показатели МЭД гамма-излучений и ЭРОА радона на объектах и территориях населенных пунктов, входящих в зону Приаралья

Населенный пункт	Диапазон значений МЭД, мкЗв/час				ЭРОА радона, Бк/м ³			
	Жилые дома		Открытая местность		Зимний период		Летний период	
	max	min	max	min	max	min	max	Min
пос. Улытау	0,31	0,04	0,11	0,09	1236	31	557	5
пос. Атасу	0,17	0,07	0,11	0,09	141	5	75	18
г. Арыс	0,17	0,11	0,14	0,09	19	9	12	1
г. Аральск	0,13	0,06	0,06	0,04	33	6	-	-
пос. Жосалы	0,19	0,12	0,09	0,07	10	4	-	-

В целом показатели МЭД гамма излучения в исследуемых населенных пунктах в жилых домах варьировали в диапазоне от 0,04 до 0,31 мкЗв/час, а на открытых территориях - от 0,04 до 0,12 мкЗв/час.

Высокие показатели МЭД гамма излучения (0,31 мкЗв/час) в жилых домах зафиксированы в пос.Улытау. В сравнительном аспекте эти значения были ниже в г.Аральске в 2,39 раз, в пос.Атасу и г. Арысь - в 1,83 раза, пос. Жосалы - в 1,64 раза по сравнению с данными пос.Улытау.

При сравнении показателей МЭД гамма излучения на открытой местности исследуемых населенных пунктов следует отметить, что по Южно-Казахстанской области в г.Арысь эти показатели достигали максимального уровня (0,14 мкЗв/час), и были выше в 2,34 раза по сравнению с г.Аральска и в 1,56 раз по сравнению с пос.Жосалы, относящиеся к Кызылординской области.

Среди всех источников естественной радиоактивности основной вклад в годовую эффективную дозу населения вносит вдыхаемое человеком радиоактивный газ – радон, который составляет не менее 50% среди других источников естественной радиации. В некоторых случаях концентрации радона в воздухе настолько велики, что внутреннее облучение может представлять опасность для здоровья человека. Примерно 60 % индивидуальной эффективной дозы, получаемой человеком за год от радионуклидов земной коры, приходится на долю *радона и продуктов его распада*. Это составляет около половины годовой индивидуальной эффективной дозы, которую получают жители Земли от всех естественных источников радиации [98].

Содержание радона в воздухе помещений зависит от его содержания в почве и подстилающих породах, их эманирующей способности, климатических условий, конструкции зданий и системы их вентиляции, а также кратностью воздухообмена в помещении. Концентрации и потоки радона крайне неравномерны, они изменяются в очень широких пределах для различных регионов и видов зданий [99].

Результаты оценки содержания ЭРОА радона в жилых и общественных помещениях, расположенных в исследуемых населенных пунктах позволили установить, что их концентрация варьировала в пределах от 1 до 1236 Бк/м³ (рис.4).

Максимальные показатели концентрации ЭРОА радона установлены в жилых и общественных зданиях пос. Улытау 1236 Бк/м³, что превышало допустимые нормы радиационной безопасности в зимний период до 6,2 раз, а в летний период года - в 2,8 раза. При этом, снижение концентрации ЭРОА радона в летний период в жилых и общественных зданиях исследуемых населенных пунктов вероятно связано с частым проветриванием помещений.

Таким образом, результаты исследований позволяют установить, что высокие показатели МЭД гамма излучения выявленные в жилых домах пос. Улытау, относящихся к Карагандинской области вероятно всего связаны с с плохой вентиляционной системой и недостаточной кратностью воздухообмена в помещениях.

Показатели МЭД гамма-излучения на открытых территориях в г. Арысь Южно-Казахстанской области вероятно связаны с прилегающими ураноносными залежами.

В ряде обследованных жилых помещениях пос. Улытау выявлена аномально высокая активность радона, вероятно связанная с применением местных строительных материалов, содержащих повышенные концентрации естественных радионуклидов, с плохим проветриванием подвальных помещений, недостаточной вентиляционной функцией и др. Обнаруженные локальные участки радиоактивного загрязнения открытых территорий и высоких концентрации радона в жилых помещениях требуют принятия соответствующих профилактических мероприятий, включающих постоянный радиэкологический мониторинг в целях радиационной безопасности населения.

5. ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ РАДИОНУКЛИДОВ В ОБЪЕКТАХ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТАХ

5.1 Оценка содержания радионуклидов в почве исследуемых населенных пунктов, входящих в зону Приаралья

Естественный радиационный фон земной коры зависит от геологической структуры местности. Радиоактивные вещества при попадании на земную поверхность взаимодействуют с компонентами окружающей среды, и радионуклиды включаются в процессы природного круговорота химических элементов.

Радиоактивные частицы, находящиеся в нижних слоях атмосферы, осаждаются на почвенный и растительный покров в течение нескольких часов, а стратосферного происхождения – в течение длительного периода – десятки лет. Они выпадают в результате вымывания атмосферными осадками. Максимальное выпадение наблюдается в весенне-летний период (около 60% годового отложения), менее интенсивное выпадение – в осенне-зимний период.

Миграция радионуклидов в почве происходит благодаря совокупности разных процессов, которые приводят к перемещению радионуклидов в почве или к перераспределению разных форм и состояний радионуклидов, что приводит к перераспределению нуклидов вглубь почвенного покрова.

Уровни земной радиации неодинаковы, поскольку зависят от концентрации радиоактивных изотопов на конкретном участке земной коры. Большая часть поступления связана с радионуклидами ряда урана и тория, которые содержатся в почве. Природные радиоактивные элементы путем альфа- и бета-распада превращаются в другие радиоактивные изотопы. Из радиоактивных нуклидов наиболее часто в земной коре встречаются члены естественных радиоактивных семейств ^{238}U и ^{232}Th , а также ^{40}K , ^{87}Rb [100].

Основным источником тория служат пески, содержащие минерал монацит – (Ce, La, Nd, Th). Особенно богаты монацитом морские россыпи.

В природных водах радий встречается в виде хлорида. Изотопы радия широко распространены в горных породах и рудах. Радионуклиды, присутствующие в почве, могут усваиваться растениями и включаться в процессы перераспределения по пищевым цепям. Радиоактивные вещества могут поступать в почвенные воды, смываться дождевыми, талыми и паводковыми водами в реки, озера и другие водоемы. Радиоактивность речных и озерных вод зависит от источника их питания. Содержание радионуклидов в растениях и сельскохозяйственных культурах зависит также от их индивидуальной способности избирательно аккумулировать в себе определенные химические элементы.

Из почвы с элементами минерального питания, ^{40}K поступает в растения, а затем по пищевым цепочкам в организм человека. ^{40}K содержится почти во всех пищевых продуктах. Калий непрерывно поступает в организм и частично выводится из него. Поэтому изменение содержания долгоживущих

естественных радионуклидов в продуктах питания, воде и воздухе нарушает уровень установившегося равновесия радионуклидов в организме человека.

Показатели содержания естественных радионуклидов в почве исследуемых территорий Приаралья с учетом географических координат представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Показатели содержания естественных радионуклидов в почве территорий, входящих в зону Приаралья, Бк/кг

№ п/п	Шифр пробы	Географические координаты	Удельная активность, Бк/кг			
			¹³⁷ Cs	²²⁶ Ra	²³² Th	⁴⁰ K
Карагандинская область, пос. Атасу						
1	П-Атасу-1	N48°40'52,9" E071°38'00,6"	1,99±1,56	23,41±1,20	20,71±1,32	363,00±4,86
2	П-Атасу-2	N48°41'35,5" E071°40'33,0"	4,82±1,21	25,57±1,71	28,37±2,27	325,67±6,30
Карагандинская область, пос. Улытау						
3	П-У-1	N48°39'32,6" E066°59'42,0"	22,72±2,14	32,83±2,46	106,73±1,75	289,00±2,50
4	П-У-2	N48°39'08,4" E066°59'51,8"	19,56±1,93	37,87±1,80	81,43±2,48	495,67±5,20
5	П-У-3	N48°39'06,5" E066°59'11,1"	24,59±1,06	21,00±2,12	71,13±2,54	339,00±4,46
6	П-У-4	N48°38'57,6" E066°59'50,4"	24,28±2,03	45,47±1,47	107,17±2,44	483,00±7,80
7	П-У-5	N48°39'04,7" E067°00'51,7"	9,59±1,39	20,07±2,36	48,00±2,80	296,33±3,18
Кызылординская область, г. Аральск						
8	П-А-1	N 46°49'16.1" E 61°39'54.8"	2,20±1,72	11,42±1,78	8,69±1,82	112,03±5,10
9	П-А-2	N 46°49'18.2" E 61°39'55.0"	1,29±1,38	14,74±1,66	13,99±1,69	111,53±4,05
10	П-А-3	N 46°48'57.1" E 61°38'10.6"	2,75±1,88	14,57±0,74	21,18±1,77	179,53±4,74
11	П-А-4	N 46°48'56.2" E 61°39'35.7"	0,32±1,59	16,89±1,13	9,49±1,97	98,37±5,11
12	П-А-5	N 46°49'0.3" E 61°40'24.6"	0,08±1,31	12,31±1,22	11,48±1,43	90,03±5,54
13	П-А-6	N 46°48'43.9" E 61°38'34.5"	1,76±1,90	12,97±1,84	15,22±1,78	98,63±3,40
14	П-А-7	N 46°49'7.4" E 61°40'18.9"	0,32±1,11	12,29±1,99	12,00±1,23	104,43±4,58
15	П-А-8	N 46°48'51.2" E 61°40'27.7"	0,99±1,30	16,84±2,36	22,23±1,46	144,93±1,11
16	П-А-9	N 46°48'9.3" E 61°38'28.2"	0,53±1,49	11,75±1,89	14,82±2,19	85,83±4,01
17	П-А-10	N 46°48'20.1" E 61°39'19.0"	2,51±1,06	7,92±1,23	12,93±1,99	94,17±4,89
18	П-А-11	N 46°47'43.7" E 61°39'30.2"	1,25±1,28	11,82±1,40	16,72±1,75	25,33±5,03
19	П-А-12	N 46°48'22.1" E 61°41'10.5"	0,99±1,13	12,01±0,69	23,38±1,45	119,10±1,49

20	П-А-13	N 46°48'1.1" E 61°38'52.2"	1,16±1,14	13,87±1,43	14,44±2,02	100,13±3,99
21	П-А-14	N 46°49'11.6" E 61°40'41.2"	1,35±0,78	10,24±0,82	12,36±1,57	104,50±4,29
22	П-А-15	N 46°47'43.3" E 61°41'20.6"	1,75±1,40	13,2±2,18	21,68±1,84	175,67±2,54
23	П-А-16	N 46°48'3.2" E 61°41'44.1"	0,11±1,74	8,33±0,75	12,20± 2,13	124,70±3,35
24	П-А-17	N 46°47'45.8" E 61°38'14.5"	1,31±0,57	9,65±1,27	7,25±1,61	67,10±3,91
25	П-А-18	N 46°47'44.3" E 61°38'11.0"	3,71±1,53	14,80±1,46	13,39±1,00	95,87±3,92
Кызылординская область, пос. Жосалы						
26	П-АШ-VI-1	N 47°48'24,6" E 59°36'27,4"	0,41±0,85	8,05±2,64	8,85±2,43	65,60±7,14
27	П-АШ-VI-2	N 47°49'02,8" E 59°36'30,0"	1,60±1,20	13,30±1,31	5,27±1,14	76,23 ±3,44
28	П-АШ-VI-3	N 47° 49' 24,4" E 59° 37' 05,5"	0,56±0,78	11,82±1,14	1,43±1,55	35,13±7,10
29	П-АШ-VI-4	N 47° 49' 36,5" E 59° 37' 08,5"	0,30±0,72	35,03±3,25	1,87±1,60	94,33±6,65
30	П-АШ-VI-5	N 47° 49' 02,0" E 59° 37' 41,8"	следы	12,64±1,19	0,22±0,62	55,50±2,14
31	П-АШ-VI-6	N 47° 50' 30,9" E 59° 37' 41,8"	0,92±1,26	27,47±2,33	6,84±2,11	143,20±6,77
32	П-АШ-VI-7	N 47°50' 04,1" E 59° 36' 54,0"	Нет следов	15,18±1,36	0,12±0,46	79,17±5,27
33	П-АШ-VI-8	N 47° 50' 16,6" E 59° 35' 51,84"	5,98±1,66	20,33±2,95	13,00±1,72	60,27±5,66
Южно-Казахстанская область, г.Арыс						
34	П-Арыс-1	N 42°25'40,11" E 68°49'55,26"	0,69±1,09	37,23±2,70	11,80±1,38	202,07±7,28
35	П-Арыс -2	N 42°26'28,21" E 68°47'43,74"	1,89±1,28	37,07±2,62	18,03±1,08	184,77±4,92
36	П-Арыс -3	N 42°25'16,20" E 68°49'22,54"	2,27±1,07	35,60±2,10	25,07±2,42	244,33±5,58
37	П-Арыс -4	N 42°26'28,21" E 68°48'49,44"	8,65±1,77	46,60±2,36	42,13±2,38	303,00±6,04
38	П-Арыс -5	N 42°25'04,35" E 68°50'27,55"	0,31±0,58	27,64±1,00	24,05±1,62	265,03±2,13
39	П- Арыс-6	N 42°26'28,21" E 68°49'55,26"	4,93±1,92	40,60±2,04	50,53±1,28	317,00±5,31
40	П- Арыс-7	N 42°24'02,53" E 68°46'38,44"	3,52±1,12	36,97±1,48	48,37±2,28	358,67±6,63
41	П- Арыс-8	N 42°24'52,08" E 68°47'43,74"	7,30±1,45	35,93±3,33	63,03±2,14	381,33±8,29
42	П- Арыс-9	N 42°25'16,20" E 68°48'17,55"	2,75±1,65	30,47±2,32	53,57±0,77	248,00±7,03
43	П- Арыс-10	N 42°24'55,1" E 68°48'48,0"	9,41±1,67	31,10±0,77	64,63±1,58	338,67±5,94
44	П- Арыс-11	N 42°24'28,74" E 68°48'17,52"	15,20±1,54	39,33±1,00	71,57±3,29	388,67±2,24
45	П- Арыс-12	N 42°26'04,35" E 68°48'17,55"	2,74±1,30	28,03±2,75	44,10±4,87	268,33±7,53

46	П- Арыс-13	N 42°26'51,36" E 68°48'17,55"	6,77±2,82	41,50±1,50	54,80±2,56	337,33±6,36
47	П- Арыс-14	N 42°26'51,36" E 68°49'22,54"	8,64±2,11	38,33±2,90	59,93±3,35	380,00±6,71
48	П- Арыс-15	N 42°25'32,2" E 68°50'25,3"	13,82±2,48	35,33±2,56	67,57±2,41	386,00±5,72
49	П- Арыс-16	N 42°24'02,53" E 68°48'49,44"	8,62±1,32	31,73±0,71	51,90±1,45	348,00±3,36
50	П- Арыс-17	N 42°24'02,53" E 68°47'43,74"	следы	26,64±2,78	35,03±1,95	276,00±4,96
51	П- Арыс-18	N 42°23'38,95" E 68°47'11,36"	6,73±1,25	36,87±2,10	32,70±1,57	291,00±4,99
52	П- Арыс-19	N 42°23'38,95" E 68°48'17,55"	следы	32,83±2,18	22,74±1,27	298,67±3,13
53	П- Арыс-20	N 42°24'27,76" E 68°47'11,36"	следы	36,63±1,12	26,18±1,36	327,00±4,80
54	П- Арыс-21	N 42°24'52,08" E 68°46'38,44"	следы	34,67±2,06	13,69±1,70	216,80±3,63
55	П- Арыс-22	N 42°25'12,6" E 68°46'56,6"	8,21±2,10	45,73±2,79	22,97±2,00	268,33±6,53
56	П- Арыс-23	N 42°25'29,3" E 68°47'23,8"	5,08±1,62	36,53±1,69	13,60±1,82	80,80±5,26
57	П- Арыс-24	N 42°24'27,76" E 68°46'05,75"	9,78±1,55	54,17±2,14	40,00±2,40	345,00±4,69
58	П- Арыс-25	N 42°25'16,20" E 68°46'05,75"	2,69±1,28	54,70±3,44	39,53±2,83	390,67±7,20

Результаты радиоспектрометрического анализа почв исследуемых территорий позволили установить, что в пробах почвы определены такие природные радионуклиды, как стронций -90, радий-226, торий -232 и калий-40, содержание которых не превышало средние значения их удельной активности для почв Казахстана (табл.12).

Таблица 12 - Удельная активность естественных радионуклидов в почвах Казахстана, Бк/кг

Значения пределов	Удельная активность радионуклидов, Бк/кг		
	⁴⁰ K	²²⁶ Ra	²³² Th
Максимальное значения	1200	120	220
Средняя значения	300	37	60
Минимальное значения	100	12	10

При этом, содержания естественных радионуклидов в почвах исследуемых территорий варьировали в следующих пределах:

в пос. Атасу: ²³²Th –от 20,71 до 28,37 Бк/кг, ²²⁶Ra– от 23,41 до 25,57 Бк/кг, ⁴⁰K – от 325,67 до 363,00 Бк/кг, ¹³⁷Cs – от 1,99 до 4,82 Бк/кг;

в пос. Улытау: ²³²Th –от 48,00 до 107,17 Бк/кг, ²²⁶Ra– от 20,07 до 45,47 Бк/кг, ⁴⁰K – от 289,00 до 495,67 Бк/кг, ¹³⁷Cs – от 9,59 до 24,59 Бк/кг;

в г. Аральск: ^{232}Th – от 7,25 до 23,38 Бк/кг, ^{226}Ra – от 7,92 до 16,89 Бк/кг, ^{40}K – от 67,1 до 175,67 Бк/кг, ^{137}Cs – от 0,08 до 3,71 Бк/кг;

в пос. Жосалы ^{232}Th – от 0,12 до 13,0 Бк/кг, ^{226}Ra – от 8,05 до 35,03 Бк/кг, ^{40}K – от 35,13 до 143,2 Бк/кг, ^{137}Cs – от 0,3 до 5,98 Бк/кг;

г. Арыс: ^{232}Th – от 11,8 до 71,57 Бк/кг, ^{226}Ra – от 7,92 до 23,38 Бк/кг, ^{40}K – от 80,8 до 390,67 Бк/кг, ^{137}Cs – от 0,08 до 15,2 Бк/кг.

Как видно из рисунка 8, наибольшие концентрации радионуклидов ^{232}Th и ^{40}K в пробах почвы, выявлены в пос. Улытау по сравнению с контрольной территорией п. Атасу. В пробах почвы пос. Улытау удельная активность для ^{232}Th в 3,4 раза (82,9 Бк/кг) и для ^{40}K в 1,2 раза (392,06 Бк/кг) выше, чем в образцах почвы отобранных в пос. Атасу. В образцах почвы г. Арыс отмечено превышение удельной активности ^{226}Ra и ^{232}Th в 1,5 и 1,6 раза соответственно, чем в почвах п. Атасу.

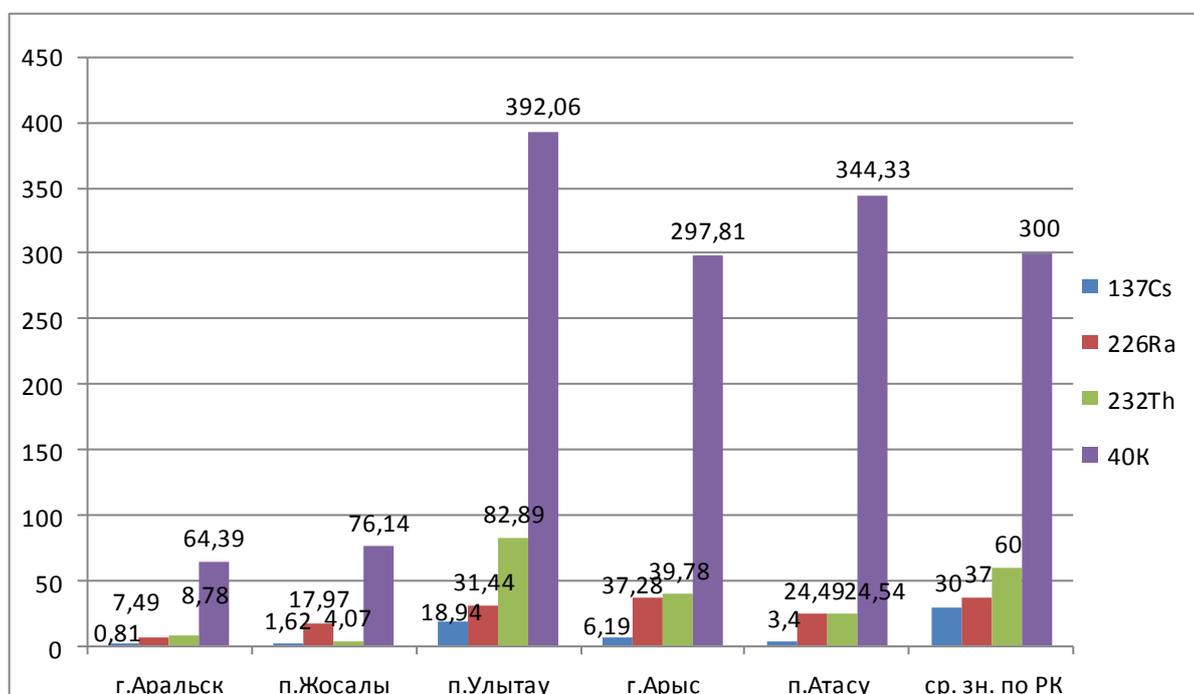


Рисунок 8 – Средние значения удельной активности естественных радионуклидов в почвах исследуемых территорий Приаралья, Бк/кг

В целом, полученные результаты по содержанию естественных радионуклидов являются типичными для почв Казахстана, не превышают максимальных республиканских значений и каких-либо геохимических аномалий не было обнаружено.

5.2 Оценка содержания радионуклидов в воде исследуемых населенных пунктов, входящих в зону Приаралья

Результаты радиохимических исследований содержания радионуклидов в питьевой воде и воде из открытых водоемов территорий населенных пунктов

Приаралья показали, что средние значения суммарной альфа- и бета-активности составляли 0,04 и 0,37 Бк/кг, соответственно (табл. 13).

Таблица 13 – Суммарная альфа-, бета-активности проб воды, Бк/кг³

Место отбора проб воды	Водопровод		Открытые источники	
	А Σ α, Бк/кг	А Σ β, Бк/кг	А Σ α, Бк/кг	А Σ β, Бк/кг
г.Аральск	0,043	0,037	0,4	2,33
пос. Жосалы	0,083	0,24	-	-
пос. Улытау	0,09	0,12	0,18	0,07
	0,01	0,01	0,37	0,09
	-	-	0,17	0,04
пос. Атасу	0,76	0,17	0,33	0,25
	0,37	0,23	-	-
	0,81	0,03	-	-
г. Арыс	0,06	0,04	0,12	0,19
	0,04	0,03	-	-
	0,5	0,18	-	-
	0,28	0,13	-	-

Как видно из рисунка 9, незначительное превышение уровня суммарной активности альфа-излучающих радионуклидов отмечено в пробах питьевой воды отобранных в г. Арыс и пос. Атасу, что составило 0,28 и 0,22 Бк/кг соответственно, при допустимом уровне 0,2 Бк/кг. Превышение суммарной альфа-активности отмечено также в пробах воды из открытых источников отобранных на территории г. Аральск и пос. Атасу, что соответственно в 2 и 1,6 раза выше предельно-допустимых значений.

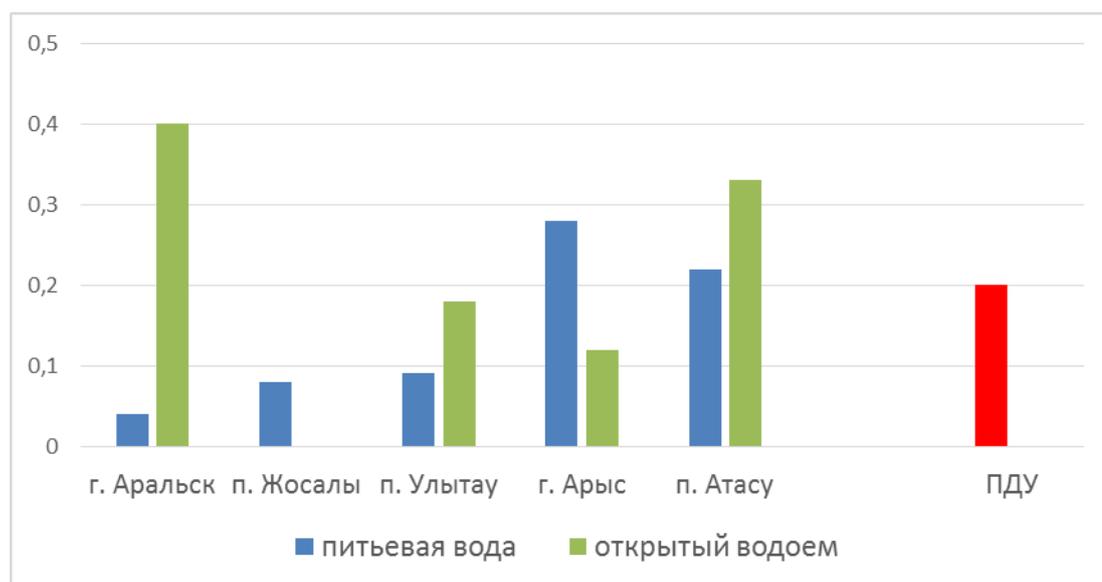


Рисунок 9 - Суммарная активность альфа-излучающих радионуклидов в пробах воды

При определении проб воды на содержание бета-излучающих радионуклидов, превышение допустимого уровня было обнаружено в воде отобранной из открытого источника г. Аральск и составило 2,33 Бк/кг (рис. 10).



Рисунок 10 - Суммарная активность бета-излучающих радионуклидов в пробах воды

Указанное превышение суммарной альфа-, бета- активности послужило дальнейшему проведению развернутого радиохимического и радиоспектрометрического анализов проб воды, которые представлены в таблице 14.

Таблица 14 - Удельная активность отдельных радионуклидов в пробах воды, Бк/кг

Место отбора проб	Удельная активность радионуклидов, Бк/кг					
	²³⁴ U	²³⁸ U	²²⁶ Ra	²²⁸ Ra	²²⁸ Th	²³⁰ Th
Открытый водисточник г. Аральск	-	-	0,08±0,003	0,65±0,06	-	0,029±0,008
Водопровод г. Аральск	-	-	-	0,18±0,03	0,0025±0,0007	0,0025±0,0007
Водопровод г.Арыс	0,14 ±0,02	0,11 ±0,02	0,06 ±0,02	-	-	-
Открытый водисточник г.Арыс	-	-	0,04 ±0,03	0,15 ±0,16	-	-
Водопровод п. Улытау	-	-	0,00 ±0,03	0,09 ±0,17	-	-
Открытый водисточник п. Улытау	-	-	0,02±0,03	0,05±0,05	-	-

Водопровод п.Атасу	0,11±0,03	0,36±0,10	0,02±0,03	-	-	-
Открытый водисточник п.Атасу	-	-	0,04 ±0,03	0,15 ±0,16	-	-
Водопровод п.Жосалы	0,086± 0,02	0,086± 0,02	-	-	-	0,036± 0,008

В г.Аральске в пробах воды с открытых источников содержание ^{230}Th выше в 11,6 раза, а ^{228}Ra в 3,6 раза по сравнению с водопроводной системы. Следует указать, что в водопроводной системе отмечается содержание ^{228}Th , а в открытых источниках - ^{226}Ra .

В г. Арысь в пробах воды из центральной системы водоснабжения содержание ^{226}Ra было в 1,5 раза выше по сравнению с содержанием в воде из открытых источников, а для ^{228}Ra содержание в открытых источников составляло в 5 раз больше по сравнению со значениями в питьевой воды.

В пробах воды взятых из открытых источников пос. Улытау, было отмечено содержание ^{226}Ra в пределах 0,01-0,08 Бк/кг, содержание ^{228}Ra колебалось от 0,05 до 0,24 Бк/кг. В пробах питьевой воды значения ^{226}Ra и ^{228}Ra составляли 0,01 и 0,09 Бк/кг соответственно. В пробах питьевой воды удельная активность ^{234}U составила 0,01 Бк/кг и ^{238}U - 0,09 Бк/кг.

В пос. Атасу в пробах питьевой воды отмечается присутствие ^{226}Ra , значение которого колеблется от 0,02 до 0,08 Бк/кг, а содержания ^{238}U варьирует от 0,34 до 0,36 Бк/кг. В пробах воды взятых из открытых источников выявлено содержание ^{228}Ra в пределах от 0,04 Бк/кг соответственно.

В пробах питьевой воды поселка Жосалы отмечается содержание ^{238}U и ^{234}U в пределах 0,086 Бк/кг, а также присутствие ^{230}Th в пределах 0,036 Бк/кг.

Согласно гигиеническим нормативам суммарная удельная альфа-активность воды, предназначенная для хозяйственно-питьевого водоснабжения населения, не должна превышать 0,2 Бк/кг, и суммарная удельная бета-активность – 1,0 Бк/кг.

При превышении данных уровней необходимо проводить полный развернутый анализ воды на содержание основных радионуклидов и определять дозу внутреннего облучения для населения проживающего в исследуемых населенных пунктах.

5.3 Оценка содержания радионуклидов в пищевых продуктах исследуемых населенных пунктов, входящих в зону Приаралья

Содержание естественных радионуклидов определялось в таких пищевых продуктах как рис и молоко.

В результате радиоспектрометрического анализа 3-х сортов риса «Акмаржан», «Лидер» и «Элита» выявлено содержание таких естественных радионуклидов, как ^{226}Ra , ^{232}Th и ^{40}K (табл.15).

Таблица 15 - Удельная активность радионуклидов в рисе, Бк/кг

Сорт риса	Удельная активность радионуклидов, Бк/кг		
	^{226}Ra	^{232}Th	^{40}K
«Акмаржан»	0,13	1,27	0,70
«Лидер»	4,17	5,4	2,93
«Элита»	0,43	0,10	54,23

Наибольшее содержание ^{232}Th обнаружено в пробах риса сорта «Лидер», что в 4,2 раза выше, чем в пробах риса сорта «Акмаржан». Содержание ^{226}Ra во всех пробах риса требует дальнейшего исследования по выявлению их удельной активности.

Таким образом, вышеуказанные радионуклиды в пищевых продуктах, а именно в рисе согласно санитарно-эпидемиологических требований при обеспечении радиационной безопасности не нормируется.

В результате анализа проб молока выявлено содержание таких естественных радионуклидов, как ^{226}Ra , ^{232}Th и ^{40}K (табл.16).

Таблица 16 - Удельная активность радионуклидов в молоке, Бк/кг

№	Шифр пробы	Содержание радионуклидов, Бк/кг		
		^{226}Ra	^{232}Th	^{40}K
Южно-Казахстанская область				
1	М-ЮОА-1	0,38±0,11	следы	следы
2	М-ЮОА-2	2,61±1,70	следы	следы
3	М-Арыс-1	9,00±2,44	следы	16,67±4,13
Карагандинская область				
1	М-Атасу-1	2,11±1,11	следы	8,07±3,74

В пробах молока отобранных в населенных пунктах г. Арыс и пос.Атасу содержание ^{226}Ra варьировало в пределах 2,61 Бк/кг и 2,11 Бк/кг, соответственно.

В сравнительном аспекте концентрации содержания ^{40}K в пробах молока, отобранных в г.Арыс Южно-Казахстанской области выше в 2,1 раза по сравнению с данными населенных пунктов пос. Атасу Карагандинской области.

Содержания ^{232}Th в пробах молока отобранного в населенных пунктах не обнаружено.

Установлено, что удельная активность ^{226}Ra в коровьем молоке Южно-Казахстанской области превышает допустимые нормы от 20 раз до 90 раз (норма содержания ^{226}Ra в молоке от 0,01 до 1 Бк/кг). Такое различие обусловлено, возможно, изменениями естественных факторов. В связи с этим, необходимо продолжить комплексное исследование проб молока на содержание радионуклидов.

Известно, что более 70% естественной радиации, накапливаемой человеком, приходится именно на продукты питания и воду, поэтому нужно стараться минимизировать негативное влияние на организм, выбирая экологически безопасные продукты [101].

Доказано, что вред от употребления продуктов питания, которые превышают допустимые уровни содержания радионуклидов, больше, чем от внешнего облучения. Когда источник радиации находится внутри, то непосредственно влияет на внутренние органы человека, и поэтому даже маленькая доза может вызвать тяжелые последствия для здоровья.

Большинство радионуклидов имеют свойства близкие к тем или иным химическим элементам, из которых состоит тело человека. Поэтому организм человека принимает их за нужные ему элементы и задерживает их (накапливает) в соответствующих органах.

Согласно данным Научного Комитета по действию атомной радиации индивидуальная годовая эффективная доза от естественных и антропогенных источников составляет в среднем ~2,8 мЗв, при типичном диапазоне естественного радиационного фона в пределах 1-10 мЗв и в диапазоне лучевых нагрузок во время медико-диагностических обследований до 1,2 мЗв[102].

По полученным средним значениям радиометрических показателей - МЭД гамма-излучений в жилых помещениях и поверхности земли, ЭРОА радона, плотности потоков альфа- и бета-частиц, содержание радионуклидов в почве, воде и пищевых продуктах, суммарная альфа- и бета-активность в воде, вероятная дозовая нагрузка взрослого и детского населения, по бальной системе проведена оценка степени напряженности радиационной ситуации исследуемых населенных пунктов Приаралья. Радиационную ситуацию оценивали по одной из 5-ти категорий: 1 -удовлетворительная; 2 - напряженная; 3 – критическая; 4-кризисная; 5–катастрофическая.

Рачеты показали, что из 5–ти исследуемых населенных пунктов Приаралья, 4 из них (г. Аральск, г. Арыс поселки Жосалы и Атасу) относятся к категории «Удовлетворительная», которая определяет полную и неограниченную пригодность использования среды обитания, ее безопасность и безвредность для здоровья населения.

Только полученные результаты по радиационной обстановке пос. Улытау показали, что значение ЭРОА радона в зимний период составило 328 Бк/м³, что в 1,6 раз превышает допустимые значения. Превышение так же отмечено при измерении плотности потока β -частиц, а также содержание естественных радионуклидов в почве ²³²Th, ²³⁴U и ²³⁸U было выше среднереспубликанских показателей, что составляло 64,55 Бк/кг; 43,6 Бк/кг и 47,66 Бк/кг соответственно. При расчете вероятной дозовой нагрузки для взрослого населения она составила – 17,4 мЗв/год и для детского населения – 8,2 мЗв/год (табл 17).

Таким образом, территория населенного пункта Улытау Карагандинской области по бальной ситеме относиться к категории «2- Напряженная», которая свидетельствует о некоторой степени опасности для населения оцениваемых средних факторов среды обитания.

Таблица 17- Основные показатели при оценке радиационной ситуации п. Улытау (средние значения)

показатели	значение	Балл	Удовлетворительная	Напряженная	Критическая	Кризисная	Катастрофическая
Воздух			1	2	3	4	5
ЭРОА радона (зима), Бк/м ³	328	2	до 200	до 400	до 800	до 1000	>1000
ЭРОА радона (лето), Бк/м ³	191	1	до 200	до 400	до 800	до 1000	>1000
Почва			1	2	3	4	5
МЭД (зима), мкЗв/час	0,08	1	от 0,01 до 0,30	от 0,31 до 0,60	от 0,61 до 0,90	от 0,91 до 0,120	>0,120
МЭД (лето), мкЗв/час	0,21	1	от 0,01 до 0,30	от 0,31 до 0,60	от 0,61 до 0,90	от 0,91 до 0,120	>0,120
п.п α частиц (зима), част/мин *см ²	0,64	1	до 1,0	до 2,0	до 3,0	до 4,0	>4,0
п.п α частиц (лето), част/мин *см ²	0,44	1	до 1,0	до 2,0	до 3,0	до 4,0	>4,0
п.п. β частиц (зима), част/мин *см ²	11,1	2	до 10	до 100	до 200	до 300	>300
п.п. β частиц (лето), част/мин *см ²	9,76	1	до 10	до 100	до 200	до 300	>300
¹³⁷ Cs, Бк/кг	17,6	1	до 30	от 31 до 50	от 51 до 80	от 81 до 100	>100
²²⁶ Ra, Бк/кг	33,34	1	до 40	до 100	до 200	до 300	>300
²³² Th, Бк/кг	64,55	2	до 60	до 150	до 300	до 500	>500
²³⁴ U, Бк/кг	43,6	2	до 40	до 100	до 200	до 300	>300
²³⁸ U, Бк/кг	47,66	2	до 40	до 100	до 200	до 300	>300
вода			1	2	3	4	5
Σ α активность, Бк/дм ³	0,21	2	до 0,2	до 1,0	до 5	до 10	>10
Σ β активность, Бк/дм ³	0,09	1	до 1	до 10	до 100	до 1000	>1000
²²⁶ Ra, Бк/кг	0,02	1	до 0,5	до 1	до 10	до 100	>100
²²⁸ Ra, Бк/кг	0,09	1	до 0,5	до 1	до 10	до 100	>100
²³⁴ U, Бк/кг	0	1	до 3,0	до 10	до 50	до 100	>100
²³⁸ U, Бк/кг	0	1	до 3,0	до 10	до 50	до 100	>100

²²⁸ Th, Бк/кг	0	1	до 2,0	от 2,1 до 10	от 10,1 до 20	от 20,1 до 50	>50
²³⁰ Th, Бк/кг	0	1	до 0,65	до 1	до 10	до 100	>100
молоко			1	2	3	4	5
¹³⁷ Cs, Бк/кг			до 100	до 200	до 300	до 400	>400
²²⁶ Ra, Бк/кг			до 100	до 200	до 300	до 400	>400
²³² Th, Бк/кг			до 100	до 200	до 300	до 400	>400
Дозовая нагрузка, мЗв/год			1	2	3	4	5
взрослого населения	17,4	2	от 1 до 5	от 5,1 до 20	от 20,1 до 50	от 50,1 до 1000	>1000
детского населения	8,2	2	от 1 до 5	от 5,1 до 20	от 20,1 до 50	от 50,1 до 1000	>1000
Итого		31	20-30	30-40	40-50	50-60	60-100

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В XXI век человечество вступило, неся на своих плечах огромный груз глобальных проблем, от решения которых зависит социальный прогресс и сохранение человеческой цивилизации. Среди них одной из самых является *экологическая проблема*.

Традиционно в Казахстане к регионам экологического неблагополучия относят казахстанскую часть Приаралья (Кызылординская область) и регион бывшего Семипалатинского испытательного ядерного полигона (Восточно-Казахстанская область).

В связи с усыханием Аральского моря в Приаралье сформировался сложный комплекс экологических проблем, имеющих по происхождению и уровню последствий для ведения хозяйства и здоровья населения глобальный характер. Сегодня Арал и окружающие его территории стали всемирно известными вследствие антропогенной экологической катастрофы.

В нашей стране радиоэкологическая ситуация усугубляется тем, что на протяжении длительного времени Казахстан был базой для испытания ядерного оружия. Рост детской заболеваемости на фоне экологической обстановки вблизи ядерного полигона дает основания полагать, что новое поколение физически и психически ослаблено, чем предыдущее, более того, существует реальная угроза здоровому генофонду.

Исследованиями ведущих ученых Казахстана доказано негативное воздействие загрязнения окружающей среды на здоровье различных групп населения. В Приаралье среди взрослого населения установлено увеличение частоты заболеваний желудочно-кишечного тракта, в частности, печени и желчного пузыря, язв и гастритов, выявлено атипичное течение токсических гепатитов у жителей. Наиболее чувствительным барометром на воздействие окружающей среды являются дети и подростки.

В современных условиях вопросы экологической и радиационной безопасности обуславливают необходимость научных исследований, направленных на обстоятельное изучение радиоэкологической ситуации Приаралья и здоровья населения, поиск эффективных критериев его состояния для мониторинга и прогноза изменений радиоэкологической ситуации.

Радиоспектрометрические и радиохимические аспекты радиационной безопасности зоны проживания и среды обитания являются составной частью решения экологических проблем, поскольку загрязнение объектов экосистемы природными и техногенными факторами радиации играют отрицательную роль в состоянии здоровья людей, проживающих в зоне экологического кризиса.

В настоящее время назрела необходимость количественного определения масштабов и степени воздействия этих факторов на население путем их детального изучения, как по регионам Казахстана, так и во времени. Определение степени радиационной безопасности населения Республики Казахстан является актуальным как в социальном, так и в научном планах.

Целью диссертационной работы явилось: комплексная оценка радиоэкологической обстановки территории населенных пунктов, входящих в зону Приаралья.

В ходе выполнения диссертационной работы использованы современные радиоспектрометрические, радиохимические исследования, включающие рекогносцировочные гамма- съемки, измерение мощности эквивалентной дозы гамма-излучений, плотности потоков альфа-, бета-частиц; ЭРОА радона, радиоспектрометрические, радиохимические: измерение концентрации искусственных радионуклидов - ^{90}Sr , ^{137}Cs , естественных радионуклидов - ^{238}U , ^{234}U , ^{226}Ra , ^{228}Ra , ^{232}Th , ^{40}K , суммарная активность альфа-, бета-излучения в пробах воды, почвы и пищевых продуктов.

Объектами радиоэкологических исследований явились территории населенных пунктов: г. Аральск, пос. Жосалы Кызылординской области, пос. Улытау и Атасу Карагандинской области и г. Арыс Южно-Казахстанской области.

В ходе выполнения научной работы организованы 6 экспедиционных выездов на исследуемые территории, входящих в зону Приаралья для проведения автомобильной и пешеходной гамма съемок; отбора проб объектов окружающей среды (вода, почва и пищевые продукты) для радиоспектрометрического и радиохимического анализов на содержание радионуклидов. Для определения координат был использован спутниковый навигационный прибор Garmin, который позволял определить местоположение точек в географической системе координат.

Статистическая обработка результатов проводилась общепринятыми методами с использованием критерия Стьюдента и пакета документов, представляемых программами Microsoft Excel и Statistica 6.0.

Результаты гамма-спектрометрических съемок территорий позволили установить, что показатели мощности эквивалентной дозы (МЭД) гамма-излучений на обследованных территориях Приаралья варьировали в пределах от 0,01 до 0,24 мкЗв/час. В населенных пунктах п.Улытау и п. Атасу Карагандинской области эти показатели были сравнительно выше от 34 до 54% по сравнению с территориями Южно-Казахстанской и Кызылординской областей.

Результаты анализа радионуклидного состава почвы исследуемых территорий Приаралья позволили выявить, что в образцах почвы выявлены содержания таких природных радионуклидов, как торий - 232, радий- 226 и калий – 40.

При этом, содержания естественных радионуклидов в почвах исследуемых территорий варьировали в следующих пределах:

в г. Аральск: ^{232}Th – от 7,25 до 23,38 Бк/кг, ^{226}Ra – от 7,92 до 16,89 Бк/кг, ^{40}K – от 67,1 до 175,67 Бк/кг, ^{137}Cs – от 0,08 до 3,71 Бк/кг;

в пос. Жосалы ^{232}Th – от 0,12 до 13,0 Бк/кг, ^{226}Ra – от 8,05 до 35,03 Бк/кг, ^{40}K – от 35,13 до 143,2 Бк/кг, ^{137}Cs – от 0,3 до 5,98 Бк/кг;

г. Арыс: ^{232}Th – от 11,8 до 71,57 Бк/кг, ^{226}Ra – от 7,92 до 23,38 Бк/кг, ^{40}K – от 80,8 до 390,67 Бк/кг, ^{137}Cs – от 0,08 до 15,2 Бк/кг;

в пос. Улытау: ^{232}Th – от 48,00 до 107,17 Бк/кг, ^{226}Ra – от 20,07 до 45,47 Бк/кг, ^{40}K – от 289,00 до 495,67 Бк/кг, ^{137}Cs – от 9,59 до 24,59 Бк/кг;

в пос. Атасу: ^{232}Th – от 20,71 до 28,37 Бк/кг, ^{226}Ra – от 23,41 до 25,57 Бк/кг, ^{40}K – от 325,67 до 363,00 Бк/кг, ^{137}Cs – от 1,99 до 4,82 Бк/кг.

Результаты гамма-спектрометрических съемок исследуемых территорий свидетельствуют, что удельная активность природных радионуклидов по уровню МЭД гамма излучения и содержанию их в почве не превышают допустимые уровни средних республиканских значений.

Показатели МЭД гамма излучения в исследуемых населенных пунктах в жилых домах варьировали в диапазоне от 0,04 до 0,31 мкЗв/час, а на открытых территориях - от 0,04 до 0,12 мкЗв/час.

Высокие показатели МЭД гамма излучения (0,31 мкЗв/час) в жилых домах зафиксированы в пос.Улытау. В сравнительном аспекте эти значения были ниже в г.Аральске в 2,39 раз, в пос.Атасу и г. Арысь - в 1,83 раза, пос. Жосалы - в 1,64 раза по сравнению с данными пос.Улытау.

При сравнении показателей МЭД гамма излучения на открытой местности исследуемых населенных пунктов следует отметить, что по Южно-Казахстанской области в г.Арысь эти показатели достигали максимального уровня (0,14 мкЗв/час), и были выше в 2,34 раза по сравнению с г.Аральска и в 1,56 раз по сравнению с пос.Жосалы, относящиеся к Кызылординской области.

Концентрации эквивалентной равновесной объемной активности ^{222}Rn в обследованных жилых и общественных зданиях исследуемых населенных пунктов, входящих в зону Приаралья в зимний период года варьировали от 1 до 1236 Бк/м³, а в летний период года - от 1 до 557 Бк/м³. Максимальные показатели концентрации ЭРОА радона установлены в жилых и общественных зданиях пос. Улытау 1236 Бк/м³, что превышало допустимые нормы радиационной безопасности в зимний период до 6,2 раз, а в летний период года - в 2,8 раза. При этом, снижение концентрации ЭРОА радона в летний период в жилых и общественных зданиях исследуемых населенных пунктов вероятно связано с частым проветриванием помещений.

Результаты радиохимических исследований содержания радионуклидов в питьевой воде и воде из открытых водоемов территорий населенных пунктов Приаралья показали, что средние значения суммарной альфа- и бета-активности составляли 0,04 и 0,37 Бк/кг, соответственно. Так, превышение уровня суммарной альфа-, бета- активности отмечено в воде из открытого источника г. Аральск и составила 0,4 Бк/кг(А α) и 2,33 Бк/кг (А β), что в 2 раза превышало допустимый уровень альфа-активности и в 2,3 раза уровень бета-активности. В пробах питьевой воды пос. Атасу суммарная активность альфа-излучающих радионуклидов превышает допустимые значение от 1,85 до 4 раза.

В г. Арыс в пробах воды из центральной системы водоснабжения содержание ^{226}Ra было в 1,5 раза выше по сравнению с содержанием в воде из открытых источников, а для ^{228}Ra содержание в открытых источников составляло в 5 раз больше по сравнению со значениями в питьевой воды.

В пробах воды взятых из открытых источников пос. Улытау, было отмечено содержание ^{226}Ra в пределах 0,01-0,08 Бк/кг, содержание ^{228}Ra

колебалось от 0,05 до 0,24 Бк/кг. В пробах питьевой воды значения ^{226}Ra и ^{228}Ra составляли 0,01 и 0,09 Бк/кг соответственно. В пробах питьевой воды удельная активность ^{234}U составила 0,01 Бк/кг и ^{238}U - 0,09 Бк/кг.

В пробах питьевой воды пос. Жосалы отмечается содержание ^{238}U и ^{234}U в пределах 0,086 Бк/кг, а также присутствие ^{230}Th в пределах 0,036 Бк/кг.

Согласно гигиеническим нормативам суммарная удельная альфа-активность воды, предназначенная для хозяйственно-питьевого водоснабжения населения, не должна превышать 0,2 Бк/кг, и суммарная удельная бета-активность – 1,0 Бк/кг.

Содержание естественных радионуклидов в пищевых продуктах, исследуемых населенных пунктов позволило установить, что наибольшее содержание ^{232}Th обнаружено в пробах риса сорта «Лидер», что в 4,2 раза выше, чем в пробах риса сорта «Акмаржан».

В пробах молока отобранных в населенных пунктах г. Арысь и пос. Атасу содержание ^{226}Ra варьировало в пределах 2,61 Бк/кг и 2,11 Бк/кг, соответственно.

В сравнительном аспекте концентрации содержания ^{40}K в пробах молока, отобранных в г. Арысь Южно-Казахстанской области выше в 2,1 раза по сравнению с данными населенных пунктов пос. Атасу Карагандинской области.

В ходе проведения комплексных радиоэкологических исследований радиационной обстановки изучаемых территорий, входящих в зону Приаралья получены следующие **ВЫВОДЫ:**

1. Ведущими индикаторами при радиационной оценке загрязнения объектов окружающей среды исследуемых территорий Приаралья являются показатели мощности эквивалентной дозы (МЭД) гамма-излучений, плотности потоков альфа-, бета-частиц, эквивалентной равновесной объемной активности (ЭРОА) радона, удельной активности и суммарной активности альфа- и бета-излучающих радионуклидов в объектах окружающей среды.

2. Показатели МЭД гамма излучения на исследуемых территориях Приаралья варьировали в пределах от 0,01 до 0,24 мкЗв/час. При этом, в п. Улытау и п. Атасу показатели МЭД гамма-излучения сравнительно выше от 34 до 54% с территориями населенных пунктах Южно-Казахстанской и Кызылординской областей.

3. В обследованных жилых и общественных зданиях исследуемых населенных пунктов, входящих в зону Приаралья показатели ЭРОА ^{222}Rn в зимний период года варьировали от 1 до 1236 Бк/м³, а в летний период года - от 1 до 557 Бк/м³. Максимальные показатели концентрации ЭРОА радона выявлены в пос. Улытау, что превышало допустимые нормы радиационной безопасности в зимний период до 6,2 раз, а в летний период года - в 2,8 раза.

4. В образцах почвы выявлены содержания таких природных радионуклидов, как стронций -90, торий - 232, радий- 226 и калий – 40. Показатели удельной активности ^{232}Th варьировали в пределах от 4,07 до 82,9 Бк/кг, ^{226}Ra - от 7,5 до 37,28 Бк/кг, ^{40}K - от 64,4 до 392,06 Бк/кг, ^{137}Cs от 0,81 до 18,9 Бк/кг, не превышая допустимых значений.

5. Суммарная альфа- и бета активности в пробах воды, отобранных из поселков в питьевой воде и воде из открытых водоемов территорий населенных

пунктов Приаралья колебались на уровне 0,04 и 0,37 Бк/кг, соответственно. При этом, в г. Аральск их суммарная альфаи бета-активность превышала допустимый уровень от 2 до 2,3 раза соответственно. В пробах питьевой воды пос. Атасу суммарная активность альфа-излучающих радионуклидов превышает допустимые значения от 1,85 до 4,0 раза.

6. Содержание радионуклидов в пищевых продуктах позволили выявить, высокую удельная активность ^{40}K в пробах риса сорта «Элита». Высокое содержание ^{232}Th обнаружено в пробах риса сорта «Лидер», что в 4,2 раза выше, чем в пробах риса сорта «Акмаржан». В коровьем молоке, отобранных из населенных пунктов Южно-Казахстанской области выявлена высокая удельная активность ^{226}Ra , которая превышает допустимые нормы от 20 раз до 90 раз (норма содержания ^{226}Ra в молоке от 0,01 до 1 Бк/кг).

Практические рекомендации:

1. Результаты автомобильной и пешеходной гамма-съемки территории населенных пунктов, входящих в зону Приаралья рекомендуется использовать в целях дальнейших радиоэкологических научных исследований, а также в ведомственных санитарно-эпидемиологических служб и департаментов экологии при проведении радиоэкологического мониторинга для своевременного принятия решений по радиоэкологической безопасности.

2. Регулярный и постоянный радиоэкологический мониторинг, основанный на изучении радиоактивного загрязнения объектов окружающей среды позволит более точно оценивать изменения радиоэкологической ситуации и прогнозировать тенденции ее развития.

3. Учитывая то, что радон-222 является радиоактивным газом, поступающим в помещение в основном из почвы под зданием и стеновых ограждений, который служит основным природным источником облучения человека рекомендуется регулярно проводить радиационный контроль и частое проветривание помещений жилых и общественных объектов для снижения эманации радона.

4. В условиях возможного антропогенного поступления естественных радионуклидов в окружающую среду необходимо проводить постоянный радиационный контроль за содержанием радионуклидов в объектах окружающей среды (воздух, вода, почва) и в пищевых продуктах.

5. Результаты бальной системы степени напряженности радиационной ситуации могут быть использованы при оценке и контроле состояния здоровья критических групп населения проживающих в зоне Приаралья.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Резниченко Г. Аральская катастрофа / Дневник экспедиции.- М.: Изд-во «Новости», 1992. - 112 с.
2. Арыстанова Г.Т. Гигиеническая характеристика качества объектов окружающей среды в зоне экологической катастрофы региона Приаралья (на примере Аральского района Кызылординской области): автореф. дис. ... канд. – Алматы, 2000. – С. 31.
3. Аральское море: диагностическое исследование с целью разработки Плана действий по сохранению Аральского моря.- ЮНЕП, Москва, 1992.
4. Программа конкретных действий по улучшению экологической обстановки в Приаралье. - 1994.
5. Декларация по проблемам устойчивого развития бассейна Аральского моря. - Нукус. 1995.
6. Кулманов М.Е., Амрин К.Р., Кенесариев У.И., Сакбаев О.О. Гигиенические и экономические проблемы гидросферы и здоровья населения в зоне Казахстанской части Приаралья // Здоровоохранение Казахстана.- 1993.- №3.-С17.
7. Кенесариев У.И. Роль научных медицинских исследований в регионах экологического бедствия Казахстана // Матер. научной конф.: Медико-социальные аспекты здоровья населения регионов экологического бедствия Казахстана, посв. 50-летию образования института. – Алматы, 1994.- С.8-14
8. Ердесова К. Эпидемиология основных хронических неинфекционных заболеваний среди населения Приаралья: автореф. дис. канд. мед. наук: 14.00.30.- Алматы, 1996.- 26с.
9. Булдаков А.А. Радиоактивные вещества и человек. - М.: Энергоатомиздат, 1990. - 160 с
10. Бурлакова Е.Б. Особенности действия малых доз облучения // Энергия: экономика, техника, экология. – 2000. – № 2. – С. 33-39.
11. Куатбаева Г.К. Экологические проблемы Республики Казахстан в переходный период // Вестник Московского университета. -1996. - №4, - С.56-63.
12. Яблоков А.В. Некоторые проблемы экологии и радиационной безопасности // Мед. радиология и радиационная безопасность. -1998. - № 1(43).-С. 24-29.
13. Габов Ю.А. Экологическая безопасность Казахстана (мифы и реальность). - Астана, 2006.
14. Обзор научных проблем окружающей среды в бассейне Аральского моря /Матер. совещания НАТО по проблеме Аральского моря.- Ташкент, 1994 с.
15. Доклад К. Исентаева Обзор о состоянии окружающей среды Аральского моря и прилегающей территории // Семинар "Геологическое строение и перспективы нефтегазоносности Аральского моря.- АО "Казахстан Каспийшельф ". - Алматы, 1997.

16. Хасенова К.Х., Байжанова Н.С., Рослякова Е.М., Игибаева А.С., Бисерова А.Г. Экологический мониторинг аральского региона, влияние неблагоприятных факторов окружающей среды на организм //INTERNATIONAL JOURNAL OF EXPERIMENTAL EDUCATION №5, 2014 18-20с.
17. Неменко Б.А. Экологические факторы формирования здоровья школьников.// Материалы первой научно-практической конференции. 23-24 ноября 1994 г. Алматы, 1997 г. 170-173с.
18. Хасенова К.Х., Бахираулы Ж., Османова Ж. Экология және денсаулық. // Материалы первой научно-практической конференции. 23-24 ноября 1994 г. Алматы, 1997 г. 222-224с.
19. Кольбай И.С., Ибадуллаева С.Ж., Жандаулетова Р.Б. Изменения показателей кардио-респираторной системы и уровня протеолитической активности эритроцитов у молодых женщин в регионе Приаралья. // «Здоровые Университеты Казахстана». Материалы конференции. Алматы 2002 г. с.98-101.
20. Кольбай И.С., Ибадуллаева С.Ж., Жандаулетова Р.Б. Изменения показателей кардио-респираторной системы и уровня протеолитической активности эритроцитов у молодых женщин в регионе Приаралья. // «Здоровые Университеты Казахстана». Материалы конференции. Алматы 2002 г. с.98-101.
21. Новиков Ю.В. Экология, окружающая среда и человек. – М., 1998.
22. Файзуллаева К.А. Проблемы экологического кризиса Аральского моря и его влияние на здоровье населения. // Экология и рациональное использование природных ресурсов 32-36с.
23. Петров П.П., Омаров Е.О., Кульжанов М.К. Социально-медицинские проблемы Приаралья // Советское здравоохранение.- 1991.-№4.- С.29.
24. Петров В.Г. Медико-социальные аспекты здоровья населения регионов экологического бедствия Казахстана // Сборник матер. научной конф., посвящ. 50-летию образования института НИИ гигиены и профилактики заболеваний. – Алматы, 1994.- 226 с.
25. Умарова С.У. Айтбембет Б.Н. Успанова С.У. Региональные особенности развития и течения хронических токсических гепатитов у населения сельских районов Приаралья // Перспективные проблемы в гастроэнтерологии: тез. докладов на Межрегион. научной конф. - Москва, 1994.- Т.III. - С. 91-92.
26. Сакиев К.З. Об оценке состояния здоровья населения Приаралья // Медицина труда и пром. экология.- 2014.-№ 8.-С.1-4.
27. Алимхождаева Ф.Х., Бахадыров Ф.Н., Шевердин В.А., Шерманов А.А. Антропометрические исследования физического развития детей дошкольного и школьного возраста // Морфология.- 2002.- №2.- С.10
28. Баранов А.А., Руссова Т.В., Жданова Л.А. и др. Проблемы подросткового периода. – М., 2003. – С. 392-394.
29. Дауранов И.Г., Еркекова С.А. Медико- статистические и иммуно-гематологические параллели при изучении здоровья населения Ново-Казалинского района Кызылординской области // Актуальные вопросы гигиены и

охраны здоровья сельского хозяйства // Сб. научн. трудов.- Алматы, НИИ ГиПЗ.- 1992.- С.59-69.

30. Мажитова З.Х., Жумалина А.К. Клинико- иммунологическая оценка эффективности рибомунила у часто и длительно болеющих детей в регионе Приаралья. // Педиатрия и детская хирургия Казахстана.- 1997.- №3-4. –С.23-25.

31. Сагатбаева Н.А. Анализ диагностической значимости иммуногенетических показателей у детей Приаралья. // Материалы I(V) съезда детских врачей РК.- Астана, 2001.-С. 183.

32. Сагатбаева Н.А. Анализ диагностической значимости иммуногенетических показателей у детей Приаралья. // Материалы I(V) съезда детских врачей РК. – Астана, 2001. – С. 183.

33. Каюпова Н.А., Нукушева С.Р., Танеева С.И. Состояние здоровья женщин, проживающих в регионе Арала и Приаралья // Центрально-Азиатский мед. журнал. 1996. - Т. 11, №1. - С. 47-49.

34. Нурбаев С.К., Арыстанова Г.Т., Грановский Э.И. Влияние загрязнения окружающей среды на врожденные пороки развития у детей и репродуктивную функцию женщин, проживающих в зоне экологической катастрофы в Приаралье // Новости науки Казахстана: научно-технический сборник. – 1999. – Т. 3. – С. 65-68.

35. Аппасова М.И. Количественная и качественная вариабельность малых аномалий развития с учетом цитогенетических параметров у детей Приаралья: Автореф. дисс. канд. мед. наук.- Алматы, 2002.- 23 с.

36. Проблемы загрязнения бывшего Семипалатинского полигона и прилегающих к нему территорий // Тезисы докладов научно-техн. совещаний. - Курчатова: НЯЦ РК, 1996.

37. Гусев Б.И., Пивина Л.М., Апсаликов К.Н. и др. Динамика общей смертности населения некоторых районов Восточно-Казахстанской области, подвергавшихся облучению в результате испытаний ядерного оружия на Семипалатинском полигоне (1949-1975 гг.) // Вестник НЯЦ РК.- 2004.- № 1.- С.54-58.

38. Апсаликов К.Н., Гусев Б.И., Пивина Л.М., Изатова А.Е., Белихина Т.И., Керимбаева Г.Е., Галич Б.В., Рыженкова О.Н. Формирование радиационных рисков заболеваемости раком легких и бронхов среди населения Восточно-Казахстанской области, подвергавшихся облучению в результате испытаний ядерного оружия //Наука и здравоохранение. -2006. -№4. -С.92-95.

39. Каюпова Н.А., Святова Г.С., Абильдинова Г.Ж., Березина Г.М. Медико-генетические последствия многолетних ядерных испытаний на Семипалатинском полигоне. - Алматы: РНИЦОЗМИР, 2003.

40. Дюсембаева Н.К., Мукашева М.А., Адилбекова А.А. Мутационный статус населения как критерий экологически обусловленной патологии // Астана медициналык журналы.- 2004.- № 1.- С. 48 – 49.

41. Мансарина А.Е. Распространенность пороков развития (уродств) среди населения Восточно-Казахстанской области в условиях действия радиационных и нерадиационных факторов // Проблемы медицины труда и

промышленной токсикологии в Казахстане: матер. Респуб. научно-практ. конф. с междунар. участием.- Караганда, 2006. - С.246-251.

42. Часников И.Я., Поляков А.И., Гайтинов А.Ш. и др. Радиоэкологические исследования в зоне действия ракетно-ядерного полигона Капустин Яр и ядерного полигона Азгыр // Материалы Первого Межд. Конгресса «Экологическая методология возрождения человека и Планеты Земля». – Алматы, 2002: – С. 47-59.

43. Часников И.Ч. Правда о полигонах в Западном Казахстане // Ж. "Эхо ядерных взрывов", 2002.

44. Кенесариев У.И., Жакашов Н.Ж. Эколого-гигиеническая оценка объектов окружающей среды и здоровья населения районов Западного Казахстана, прилегающих к полигону Капустин Яр. //Материалы Первого Межд. Конгресса «Экологическая методология возрождения человека и Планета Земля». – Алматы: – С. 75-78.

45. Кенесариев У.И., Бекмагамбетова Ж.Д., Жакашов Н.Ж., Тезекбаева Ж.Г. К проблеме экологической детерминированности здоровья населения на территориях //Республики Казахстан вблизи ядерных и ракетно-ядерных испытательных полигонов // Вестник Казахского национального медицинского университета им. С.Д.Асфендиярова.- 2006.- №1. – С.83-92.

46. Эколого-демографическое состояние района полигона Капустин Яр и прилегающих территорий // Научно-прикладные исследования в области охраны окружающей среды: сборник науч. трудов МООС РК. Алматы, 2006. Т. 1. С. 115-121.

47. Кенесариев У.И., Бекмагамбетова Ж.Д., Жакашов Н.Ж., Амрин М.К. Причины смертности населения региона ядерного полигона «Азгыр» //Вестник Казахского национального медицинского университета им. С.Д.Асфендиярова). – 2006. – №2. – С.164-167.

48. Оценка здоровья населения, проживающего в зоне, прилегающей к полигону "Капустин Яр" // Научно-прикладные исследования в области охраны окружающей среды: сборник науч. трудов МООС РК. - Алматы, 2006. Т. 1. - С. 129-139.

49. Панин Л.Е., Перова А.Ю.Медико-социальные и экологические проблемы использования ракет на жидком топливе (гептиле) // Бюллетень СО РАМН.- 2006 . №1 (119).- С.12-14.

50. Айкешев Б.М, Муса К.Ш. Актуальные вопросы экологической безопасности ракетно-космической деятельности в Казахстане //Экологическая безопасность урбанизированных территорий в условиях устойчивого развития: Материалы международной научно-практ. конф.. - Астана, 2007. – С.41-44.

51. Kazymbet P.K., Seisebaev A.T. Problems of the complex assessment of radiobioecological situation and public health in uranium – extraction region of Kazakhstan //Радиобиология, радиоэкология. -2002.- Т.42, №6.- С.750-753.

52. Казымбет П.К., Бахтин М.М., Имашева Б.С. Естественные радионуклиды и тяжелые металлы в объектах окружающей среды вблизи уранодобывающих предприятий// Астана мед. журналы.- 2005.-№1.- С. 28-31.

53. Балмуханов С.Б., Казымбет П.К., Балмуханов Т.С. Радиобиология альфа-частиц // Медико-биологические и экологические проблемы в уранодобывающих регионах: Матер. Республ. научно-практ. конф. – Астана, 2005.-С. 28-33.

54. Казымбет П.К., Белоног А.А., Имашева Б.С. и др. Комплексное радиоэкологическое исследование уранодобывающих территорий и близлежащих населенных пунктов Северного Казахстана // Медико – биологические и экологические проблемы в уранодобывающих регионах: Материалы II Республиканской научно-практ. конф. с международным участием.- Астана, 2005.- С.61-65.

55. Казымбет П.К., Имашева Б.С., Бахтин М.М. Радиоэкологическое состояние природных объектов вокруг уранодобывающих предприятий Акмолинской области // Мед. радиология и радиационная безопасность.- 2006.- Т.51.- №3.-С.22-27.

56. Kazymbet P. K. Radiobiological and radioecological research in uranium mining and mining regions of Kazakhstan / // Biomedical and radioekological problems in the uranium mining regions: V International scientific and practical conference.- Астана, 2014.

57. Засорин Б.В. Медицина окружающей среды и химические канцерогены // Проблемы медицины труда и промышленной токсикологии в Казахстане: матер. Респуб. научно-практ.конф. с междунар. участием.- Караганда, 2006. – С154-157.

58. Аманжол И., Исмаилова А.А., Гребенева О.В. и др. Современное эколого-гигиеническое состояние урбанизированных территорий Казахстана // Монография.- 2012.- 189 с.

59. Исмаилова А.А. К методологии и концепции оценки риска в практике гигиенических исследований // Гигиена, эпидемиология и иммунология. - 2010.-№3.- С.72-77.

60. Казымбет П.К., Кашкинбаев Е.Т., Исмаилова А.А., Джакенова А.С. Методы снижения радиационного риска персонала урановой промышленности Казахстана // Свидетельство о государственной регистрации на объект авторского права.- № 1835 от 25 сентября 2015.

61. Суслин В.П. Отдаленные эффекты облучения населения вследствие длительного воздействия малых доз ионизирующей радиации (оценка радиационного риска). - Новосибирск, Центр Госсанэпиднадзора, 1998.- 142 с.

62. Карпов А.Б., Семенова Ю.В., Тахауов Р.М. и др. Роль «малых» доз ионизирующего излучения в развитии неонкологических эффектов: гипотеза или реальность // Бюллетень сибирской медицины.-2005.-№ 2.- С. 63-70.

63. Сидорова И.Е., Ревазова Ю.А., Сафронов В.В. Изучение генетического полиморфизма и цитогенетических нарушений у лиц, имевших контакт с токсичными химическими соединениями // Гигиена и санитария. -2004.- №6.- С. 59-62.

64. Айламазян Э.К. Теория и практика общей экологической репродукции //Журнал акушерства и женских болезней. - 2000. - № 2. - С.8-10.

65. Ильинских Н.Н. Микроядерный анализ и цитогенетическая нестабильность - Томск: Университет.- 1989.- 204с.
66. Ярмоненко С.П. Кризис радиобиологии и ее перспективы, связанные с изучением гормезиса //Мед. радиология и радиационная безопасность. – 1997.- Т. 41, № 2.- С. 3-10.
67. Радиобиология инкорпорированных радионуклидов // Руководство под редакцией В.С. Калистратова.- Москва, 2012.- 280с.
68. Уорнер Ф, Харрисон Р. Пути миграции искусственных радионуклидов в окружающей среде.- М.: Мир, 1999. - 512 с.
69. Рихванов Л.П. Радиоактивные элементы в окружающей среде и проблемы радиэкологии: учебное пособие.- Томск, 2009. - 184 с.
70. 80. Дричко В.Ф., Крисюк Б.Э. и др. Частотное распределение концентраций радия-226, тория-228 и калия-40 в различных почвах // Почвоведение. – 1977. – № 9. – С 75-80.
71. 81. Егорова И.А. Естественные и искусственные радионуклиды в почвах высокогорных ландшафтов Северо-Западного Алтая / И.А Егорова, А.В. Салтыков // Проблемы региональной экологии, 2008.– №6.– С.63-67.
72. Саэт Ю.Е., Ревич В.А., Янин Е.П. и др. Геохимия окружающей среды.- Москва, 1990. 335 с.
73. Гребенщикова В.И., Лустенберг Э.Е., Китаев Н.А., Ломоносов И.С. Геохимия окружающей среды Прибайкалья (Байкальский геоэкологический полигон).- Новосибирск, 2008. 234 с.
74. Линник В.Г. Ландшафтная дифференциация техногенных радионуклидов: геоинформационные системы и модели. / Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора географических наук. - М.: МГУ, 2008.- 40 с.
75. Козлова А.А., Швецов С.Г. Радиоактивные элементы в почвах южного Предбайкалья // Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека: Материалы II Международной конференции.- Томск, 2004.- С.272-275.
76. Жорняк Л.В. Редкие, редкоземельные и радиоактивные элементы в почвенном покрове урбанизированных территорий // Известия ВУЗов. Геология и разведка. – 2008. – № 4. – С. 82-84.
77. Кузнецов В.П., Гребенщикова В.И. Распределение урана и тория в некоторых почвах Иркутской области //Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека: Материалы III Международной конференции. - Томск, 2009.- С.758.
78. Бурлакова Л. М. Экотоксиканты в системе «почвы-растения-животные» (на примере отдельных зон Алтайского края) / Л. М. Бурлакова, О. И. Антонова, Н. Г. Деев, Г. Г. Морковкин и др. – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2001. – 236 с.
79. Фетисова Ю.Л. Ретроспективный анализ поступления делящихся радионуклидов в древесные растения // Проблемы геологии и освоения недр: Труды X Международного симпозиума имени академика М.А. - Томск: Изд-во ТПУ, 2006. - С. 81-83.

80. Флейшман Д. Г. Щелочные элементы и их радиоактивные изотопы в водных экосистемах. – Л.: Наука, 1982. – 160 с.
81. Торопов А.В. и др. Особенности радиоэкологической ситуации в биогидроценозе нижней Томи // Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека: Материалы II Международной конференции.- Томск: изд-во «Тандем-Арт», 2004. С.630-634.
82. Сухоруков Ф.В., Дегерменджи А.Г., Болсуновский А.Я. и др. Закономерности распределения и миграции радионуклидов в долине реки Енисей.- Новосибирск, Изд-во СО РАН. Филиал «Гео».- 2004.-287 с.
83. Исенеев К.К., Полстянова Н.Г., Ташметов К.К. Исследования загрязненности радионуклидами поверхностных и подземных водоисточников в Северо-Казахстанской области // Вестник Медицинского центра Управления делами Президента Республики Казахстан. 2006.- №1 (17), С.113-115
84. Алексахин Р.М. Сельскохозяйственная радиоэкология. - М.: Экология, 1991. - 396 с.
85. Нарышкин М.А., Алексахин Р.М. Миграция радионуклидов в лесных биогеоценозах.- М.: Наука, 1993. – 144 с.
86. Пристер В.С. Миграция Cs-137 в системе почва – луговые растения // Тезисы докладов "Радиобиология, радиоэкология и радиационная безопасность: III- Съезд по радиационным исследованиям.- Москва, 1997.- С. 473.
87. Булдаков А.А. Радиоактивные вещества и человек. - М.: Энергоатомиздат, 1990. - 160 с.
88. Баженов В.А., Булдаков Л.А., Василенко И.Я. и др. Вредные химические вещества. Радиоактивные вещества: справочник. – Л.: Химия, 1990. – 464 с.
89. James E.Martin, Physics for radiation protection, WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim. 2006.
90. Соколик Г.А. Основы радиоэкологии и безопасной жизнедеятельности. - Минск: Тонпик, 2008. -366 с.
91. Хэнсон У.С. Трансурановые элементы в окружающей среде. - М.: Энергоатомиздат, 1985. - 345 с.
92. <http://e-kyzylorda.gov.kz/?q=ru/content/prirodno-klimaticheskie-usloviya>
93. Сакиев К.З, Мухаметжанова З.Т., Шадетова А.Ж., Диханова З.А., Искакова А.К., Алтаева Б.Ж., Мукашева Б.Г., Касымбекова Б.К., Киянбекова Ж.К. Основные тенденции изменения климата приаралья // Гигиена труда и медицинская экология. №3 (48), 2015.-16-24с.
94. Глазовский Н.Ф. Аральский кризис // Природа. - 1990. - №10. - 10-20 с.
95. Экологические проблемы Центральной Азии. - Ташкент: Экологическое движение Узбекистана, 2010. - 48 с.
96. Бердымбаева Д.Ш., Бахтин М.М. Проблемы радонобезопасности в Северных областях Казахстана // Радиоэкология XXI века: материалы Международной научно-практ.конф.- г. Красноярск, 2012 С.104 - 108.

97. Акимова А.В. Районирование территории г. Красноярска по степени радоновой опасности // XII Всероссийская конференция студентов-физиков и молодых ученых: Материалы конференции.- Новосибирск, 2006. - С. 756-757.

98. Белецкая Ю.В., Крупный Г.И., Мамаев А.М., Расцветалов Я.Н. Вариации плотности потока радона с поверхности почвы экспериментального полигона // АНРИ.- 2010. - №1. - С. 34-36.

99. Кургуз С.А. Некоторые особенности и закономерности в поведении мощности дозы гамма-излучения в домах с аномальным содержанием радона в воздухе // Научное творчество XXI века: Материалы IV Всероссийской научно-практ. конф. – Красноярск: Изд-во «Научно-инновационный центр», 2011. - С. 298-299.

100. Яковлева В.С. Методы измерения плотности потока радона и торона с поверхности пористых материалов. - Томский политехнический университет, 2011 – С. 117-124.

101. Источники, эффекты и опасность ионизирующей радиации // Доклад НКДАР ООН. - М.: Мир, 1992.- Т. 1.- 534 с.

102. Источники, эффекты и опасность ионизирующего излучения // Отчет НКДАР ООН. - РАДЭЖОН, 2002.- Т.1.- 306 с.