

**НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

**ИНСТИТУТ ФИЗИКИ
имени академика Ж.ЖЕЕНБАЕВА**

Диссертационный совет Д 01.18.586

На правах рукописи

УДК: 535.+535.37+539.122+
548.0 (043.3)

Асаналиева Тынчыгул Мукашевна

**Радиационное влияние природных источников ионизирующих
излучений**

Специальность 01.04.07 – Физика конденсированного состояния

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

Бишкек- 2019

Работа выполнена в Институте физики Национальной академии наук
Кыргызской Республики.

Научный руководитель: - **Кидибаев Мустафа Мусаевич**,
д.ф.-м.н., профессор, член-
корреспондент НАН КР, заведующий
лабораторией Института Физики им.
Академика Ж.Жеенбаева НАН КР

Официальные оппоненты: - **Макаров Владимир Петрович**,
д.ф.-м.н., д.т.н., профессор, КРСУ
им. Б.Н.Ельцина, естественно-
технический факультет, кафедра
физики и микроэлектроники

Утемисов Касымкул, к.ф.-м.н.,
доцент КНУ им. Ж.Баласагына
кафедры физики, факультет физики
и электроники

Ведущая организация Евразийский национальный
университет им. Л.Гумилева, 010000
Казахстан, г.Астана, ул. Мирзояна, 2.

Защита состоится «__»_____2019 г. в _____ч. на заседании
диссертационного совета Д.01.08.586 Института физики им. академика
Ж.Жеенбаева Национальной академии наук Кыргызской Республике и
Кыргызко-Российский Славянский университет им. Б.Н.Ельцина, проспект Чуй
265-а. Код идентификатор ДС для Zoom 849 399 6536.

С диссертацией можно ознакомиться в Центральной научной библиотеке
Национальной академии наук КР, Чуй проспект 265-а, гл. корпус и на сайте:
info@iorjournal.org

Автореферат разослан «__»_____2019 г.

Ученый секретарь
Диссертационного совета
Д.01.18. 586, д.ф.-м.н.

Касмамытов Н.К.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы диссертации. Исследования, связанные с радиационным воздействием естественных и искусственных источников излучения на население является весьма актуальным. В настоящее время научно обоснованно пагубное воздействие, радиоактивных изотопов радона, торона и их дочерних продуктов распада (ДПР) на организм человека. В связи с этим населению того или иного района важно знать какую дозу облучения человек получает от природных распадов радона и торона, которые сопровождаются ионизирующим излучением. В своей жизнедеятельности население подвергается воздействию, как от искусственных, так и от природных ионизирующих излучений. Причем каждая из этих двух видов ионизирующих излучений вносит свой вклад в общую дозу облучения населения. Установлено, что природные источники ионизирующего излучения по сравнению с искусственными источниками излучений вносят основной вклад в общую дозу облучения населения. Среднее значение эффективной дозы облучения населения более чем на половину формируется от природных источников излучения, а вторая половина от всех других искусственных источников ионизирующего излучения, которые воздействуют на человека в процессе его жизнедеятельности.

Пагубное воздействие радиационных изотопов радона на организм человека впервые было изучено на ряде урановых шахт Европы, находящиеся на юге Германии и Чехии. По результатам радиационного исследования источников радонового ионизационного излучения в шахтах, а также анализа истории болезней шахтеров и основных причин их заболевания и скоропостижной смерти было установлено, что около 30 ÷ 50% умерших шахтеров болели раком легких. В начале 80-х годов XX века в мире начались интенсивные исследования по влиянию радона на дозу облучения населения, и в первую очередь в таких странах как США, Англия, Франция и странах Скандинавии.

В России широкомасштабные исследования по радоновой проблеме начались в начале 90-х годов. Правительством России была принята долгосрочная Федеральная целевая программа «Радон». В настоящее время реализуется программа: "Ядерная и радиационная безопасность России" целью, которой является обеспечение безопасности населения от различных природных, искусственных и техногенных источников ионизирующего излучения, в том числе и от изотопов радона.

В 50 – е годы XX века в Кыргызской ССР начали промышленную разработку крупных урановых месторождений на южных склонах гор пгт. Каджы–Сай, Иссык–Кульской области и на территории Мин-Кушского ущелья

Нарынской области. Важно отметить, что в процессе добычи урана и после закрытия этих двух урановых шахт на близлежащих территориях и населенных пунктах Каджи-Сая и Мин-Куша не проводились исследования по влиянию радиоактивных веществ на организм человека и не осуществляли исследования по радиационной безопасности проживающего там населения. Первые исследования по оценке радиоактивного фона на Каджи-Сайском и Мин-Кушском месторождениях были начаты в годы независимости Кыргызской Республики.

Ряд экологических организаций Кыргызстана, а также государственная радиационная служба КР независимо друг от друга в различные годы проводили исследования по радиационно-экологической обстановке вышеуказанных территорий. Однако, основное внимание этих исследований было направлено на оценку радиационной обстановки территорий урановых отвалов, хвостохранилищ и практически не изучены на прилегающих территориях где проживают люди.

На настоящий момент отсутствует объективная информация о радиационной нагрузке на население не только по Иссык-Кульской и Нарынской областям, но и по всем другим регионам Кыргызской Республики в целом.

Проведение радиационно-экологического мониторинга на территориях Иссык-Кульской и Нарынской областей в настоящее время становится все более актуальной по двум основным причинам: во-первых, данные территории являются туристическо-оздоровительными зонами, имеющие международное значение. Во-вторых, с начатыми работами по обогащению урана на Кызыл – Омпольском урановом месторождении, находящаяся на границе раздела между Иссык –Кульской и Нарынской областей в близ г.Рыбачье.

Цель и задачи исследования. В диссертационной работе сформулирована следующая основная цель. Определить реальные дозы радиационной нагрузки на население от имеющихся природных источников ионизирующего излучения в Иссык-Кульской и Нарынской областях и провести оценку возможных рисков на здоровье человека, обусловленных воздействием этих ионизирующих радиационных излучений.

Для реализации данной цели в работе решались три основные **задачи**:

1. Изучить закономерности и выявить характерные особенности накопления радона и торона в жилых помещениях сёл и посёлков, находящихся вблизи природных источников радиоактивных излучений, законсервированных хвостохранилищ и горных отвалов.
2. Определить реальные дозы облучения населения Иссык-Кульской и Нарынской областей под действием основных источников природного ионизирующего излучения и оценить ингаляционное поступление

в организм человека ДПР радона и торона, а также гамма-излучения в жилых помещениях.

3. Оценить возможный радиационный риск и возможную угрозу заболевания населения раком легких под действием ингаляционного поступления в организм человека дочерних продуктов распада радона и торона.

Связь темы диссертации с научными проектами и научно-исследовательскими работами. Настоящая диссертационная работа выполнена согласно Международного научно-технического грантового проекта МНТЦ зарегистрированного под номерами #KR-994, #KR-1587 “Интегрирующие трековые детекторы для полносезонных радоновых и тороновых обследований, термолюминесцентная дозиметрическая система САПФИР-001, сцинтилляционный гамма-спектрометр “ПЕГАС”, проводимые в лаборатории кристаллофизики и радиометрии ИФ НАН КР в 2008 по 2010 гг. Также настоящий проект связанный с радиоэкологическим мониторингом территорий Иссык-Кульской и Нарынской областей имел тесную связь с международными организациями сотрудничества в области безопасности биосферы.

Научная новизна полученных результатов.

1. Впервые установлены закономерности процессов поступления и накопления радона и торона, а также их дочерних продуктов распада в жилые помещения находящиеся на исследуемых территориях Нарынской области и южного побережья Иссык-Куля.
2. На базе собственных экспериментальных исследований разработана диффузионная модель проникновения и накопления радона и торона в жилые помещения с учетом конструктивных особенностей и нормативных режимов содержания жилых зданий, типичных для среднеазиатского региона.
3. Впервые произведены расчёты среднегодовых эффективных доз облучения населения, проживающих на территории Иссык-Кульского и Нарынского регионов, от природных радиоактивных источников ионизирующего излучения.
4. Впервые осуществлена комплексная оценка радиационного риска и угрозы для здоровья человека, обусловленного прямым воздействием радиационно-ингаляционного облучения на население, проживающих в Иссык-Кульской и Нарынской областях от ДПР радона и торона.

Практическая значимость полученных результатов.

1. Знание о величине экспериментальных и расчётных значений уровней накопления радиационных изотопов радона и торона и их ДПР в жилых помещениях позволяет проводить своевременные рекомендации,

а также осуществлять соответствующие мероприятия по разработке и их планированию с целью уменьшения уровня накопления радона и торона на безопасный уровень и соответственно ограничить дозу облучения населения для исследуемых регионов.

2. Установленные результаты по оценке радиационных рисков, уровней радиационного воздействия, среднего значения мощности экспозиционной дозы в жилых помещениях и общих эффективных доз облучения от изотопов радона и торона и их ДПР, а также времени экспозиции могут быть использованы специалистами медико-эпидемиологических организаций в своих исследованиях, например для оценки вклада радиоактивного радона и торона в онкологическую заболеваемость населения.

3. Результаты измерений объёмной активности (ОА) радона на местностях как правило учитываются при планировании застройки жилых комплексов и разработке системы радиационного контроля в строительстве.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту:

1. Результаты анализа экспериментальных и расчётных величин количественного распределения содержания радона, торона и их ДПР в жилых помещениях Иссык-Кульской и Нарынской областей. Проведен анализ уровня ОА радона и торона в зависимости от сезонных вариаций, от характеристик накопления ДПР радона и торона с учетом типовых конструкций жилых зданий, от характеристик сдвига равновесия между радоном и ДПР радона, а также при повышенном содержании накопившихся ДПР торона.
2. Диффузионная модель, используемая в расчётах по проникновению и накоплению радона и торона в жилые помещения из почвы и строительных материалов, которая является основным доминирующим механизмом в проникновении радона и торона в жилые помещения для исследуемых регионов.
3. Результаты расчётных значений эффективной годовой дозы облучения населения от природных источников ионизирующего излучения (за исключением радона) составляет 1,7 мЗв/год, от ДПР радона – 3,4 мЗв/год, от ДПР торона – 1,2 мЗв/год. Величина общей дозы облучения, получаемая населением от природных источников ионизирующего излучения, состоит на 70 % от воздействия радона и на 30% от воздействия торона.
4. Ожидаемый уровень полного атрибутивного риска и вероятного возникновения рака легких у жителей, проживающих в селах и поселках городского типа Иссык-Кульской и Нарынской (Джумгалском районе) областях под воздействием ингаляционного облучения ДПР радона и торона составляет $33 \div 46$ %.

Личный вклад соискателя. Основные экспериментально-расчётные результаты, полученные в настоящей работе, выполнялись при личном участии автора. Т.М. Асаналиева самостоятельно проводила радиационные измерения в активных зонах природных источников радиаций радона и торона и их ДПР как в Иссык - Кульской, так и Нарынской областях. Обработку всех экспериментальных результатов измерений, а также их обсуждение автор осуществила совместно с научным руководителем, а также с ведущими научными сотрудниками лаборатории кристаллофизики и радиометрии Института физики НАН КР.

Апробации результатов диссертации.

Результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на профильных научных конференциях и симпозиумах среди специалистов. В частности, на:

1. Всероссийском симпозиуме "Безопасность биосферы" (Россия, Екатеринбург-1999г.);
2. Радиациялуу катуу заттар физикасы боюнча XI Иссык-Көлдүн эл аралык мектеп-конференциясында SCORPh-2015;
3. III международной научно-практической конференции "Векторы развития современной науки материалы" (Россия, Уфа-2016 г.);
4. Международной научно-практической конференции «Современное состояние физико-технических проблем и материаловедения», посвященной памяти академика Ж.Жеенбаева. (Кыргызстан, Бишкек- 2016г.);
5. XVIII Международной научной конференции "Актуальные научные исследования в современном мире" 26-27 октября 2016 г. (Украина, Переяслав-Хмельницкий). По результатам апробации результатов диссертации на отдельных конференциях у автора имеются подтвержденные сертификаты участия.

Полнота отражения результатов диссертации в публикациях.

По материалам диссертационной работы соискатель опубликовала в соавторстве с чл.-корр. НАН КР М.М.Кидибаевым и ведущими сотрудниками лаборатории «Кристаллофизики и радиометрии». Опубликовано 10 научных работ в виде статей, в том числе 7 статей опубликовано в республиканских научных журналах, 3 статьи в зарубежных периодических журналах и сборниках трудов международных конференций, входящие в систему РИНЦ, причём 2 журнала из них имеют импакт - фактор более 0,2. Одну статью автор опубликовала единолично.

Автор в 10 опубликованных статьях по теме диссертационной работы в достаточно полной мере представила свои основные экспериментальные и расчётные результаты с обсуждением и анализом, которые легли в основу сформулированных положений, которые вынесены на защиту диссертации.

В статьях детально описаны особенности радиоэкологического мониторинга территорий Иссык-кульского и Нарынского областей Кыргызстана в зависимости от уровня объемной активности радона и торона, в зависимости от сезонных вариаций, выборам мест проведения мониторинга, от характеристик накопления уровня радиации радона и торона и их ДПР с учетом типовых конструкций жилых помещений. В отдельной развернутой статье дается полный анализ по облучению населения за счет диффузионного поступления радона в жилые помещения. Перечень всех опубликованных статей с выходными данными приведены ниже на стр.20-21 настоящего автореферата.

Структура и объём диссертации. Диссертационная работа состоит из введения и четырех глав, в конце каждой главы сформулированы выводы, а в разделе заключение представлены общие выводы по диссертации, а в конце диссертации приводится список использованных источников в количестве 51. Диссертация написана на 117 страницах машинописного текста, включая список литературы. Диссертация содержит 38 рисунка и 18 таблицы.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении лаконично изложено современное состояние радиационного воздействия радона и торона и их ДПР на население, научно обосновано актуальность темы диссертации и определена её цель с задачами исследований. Тезисно излагается научная новизна и практическая значимость полученных результатов в диссертации. Тема диссертационной работы выполнялась по научно-исследовательским заданиям согласно Международного научно-технического проектов МНТЦ №KR-994 и №KR-15-87. Сформулированы основные положения, вынесенные на защиту диссертации. Четко очерчен круг вопросов по личному вкладу автора в диссертации, а также приведен список по апробации результатов исследований и публикациям, кратко описана структура и объём выполненной диссертации.

Первая глава посвящена естественному радионуклидному состоянию на территориях проживания населения Иссык-Кульской области и Джумгалского района Нарынской области. В первом параграфе представлены результаты о естественных фоновых дозах по радону, урану и радию в водных бассейнах рек, селений и литосферы выше названных территорий. Проведен анализ о существующих проблемах и дозах воздействия ионизирующего облучения населения, и о радиоактивности, и дозах радона и торона в жилищных помещениях, о радиоактивности строительных материалов и горных пород. Во втором параграфе рассматриваются важные физические характеристики и свойства радона и торона, а также их дочерних продуктов распада. Проведен краткий обзор результатов, полученных ранее исследований, которые показывают, что для территории Иссык-Кульской области характерны

повышенные значения мощности доз гамма-излучения на открытых местностях (от 0,2 до 1,5 мкЗв/ч), обусловленные наличием природных радионуклидов в горных породах. В табл.1 приведены данные о среднем содержании природных радионуклидов в горных породах Иссык-Кульской области, определенные Кыргызским ПГО (Государственное производственное объединение) и средние мировые значения по данным ООН. Сравнительный анализ табл.1 показывает, что на исследуемых территориях наблюдается повышенный уровень облучения населения от ингаляционного поступления дочерних продуктов распада радона и торона. В третьем параграфе рассмотрены основные источники и механизмы проникновения радона и торона в жилые помещения. Практика показывает, что поступление радиоактивных газов радона и торона в воздушное пространство жилых помещений может проникать одновременно двумя механизмами: диффузионным и конвективным. Как правило, в зависимости от климата того или иного региона основным действующим механизмом может выступать либо диффузионный или конвективный механизм в процессе проникновения радона и торона в жилые помещения.

Таблица 1.- Содержание природных радионуклидов в горных породах Иссык-Кульской области и Джумгалского района Нарынской области, а также средних значений радоновых доз вдыхаемых через атмосферу по данным Кыргызского ПГО и Научного комитета по воздействию атомной радиации при ООН.

	Средние значения поглощенной дозы			
	ПГО Кыргызстана		НКДАР ООН*	
	Сред. содержание в горных породах, % (Бк/кг)	Поглощённая доза в воздухе, нГр/саат	Сред. содержание в горных породах, % (Бк/кг)	Поглощённая доза в воздухе, нГр/ч
Уран-238	0,0006 (74)	34,5	0,00044 (54)	25,4
Торий-232	0,0027 (110)	70,2	0,0006 (24)	15,6
Калий-40	4,7 (1390)	60,6	1,2 (355)	15,5
Сумма	-	165	-	56,5
* По НКДАР ООН1993 г. Уран-238 – 0,0001% \Leftrightarrow 75 нГр/ч Торий-232 – 0,0001% - \Leftrightarrow 2,6 нГр/ч Калий-40 – 1% \Leftrightarrow 12,9 нГр/ч				

Установлено, что для регионов с холодным климатом, где даже в летний период средняя температура в помещении выше, чем снаружи здания, конвективный механизм поступления радона и торона считается доминирующим. Отметим, что механизмы процесса проникновения радона и торона внутрь жилых помещений для регионов с холодным климатом изучены

хорошо. Выявлены особенности и закономерности проникновения радиоактивных газов радона, торона и их ДПР в помещения с учетом сезонных климатических периодов.

Опыт показывает, что для регионов с жарким (или теплым) климатом (с длительностью 7-8 месяцев в году) средняя температура воздуха внутри помещений ниже, чем снаружи. В литературных данных для регионов с жарким климатом отсутствует информация о поступлении радиоактивных газов в воздушное пространство жилых помещений. В связи с этим изучение закономерностей проникновения радона и торона в атмосферу помещений в зависимости от сезонных климатических изменений, типов зданий, особенностей их конструкций и материала стен и т.д., представляет особенный интерес для исследуемых регионов Кыргызской Республики, относящийся к регионам с жарким (теплым) климатом.

В четвертом и пятом параграфах анализируются основные возможные радиационные риски населения посредством ингаляционного облучения методом модельной экстраполяции. Рассматривается корректность применения модельной экстраполяции при оценке радиационных рисков с обязательным учетом региональных медико-демографических данных, таких как вероятность дожития до определенного возраста и возрастной специфики заболеваемости населения раком легких. Наряду с этим, в этой главе также рассмотрены два других наиболее часто используемых концептуальных подхода оценки радиационного риска населения, это так называемые модели порогового и линейного беспорогового радиационного риска. В конце главы для реализации поставленной цели сформулированы основные задачи диссертационного исследования.

Во второй главе описаны две методики радиометрических измерений по проникновению и накоплению радиоактивного радона и торона в воздушное пространство жилых помещений, работающие по следующим принципам:

1. По долгосрочному измерению радиации с использованием интегрирующих трековых радиометров радона (ИТРР);
2. По кратковременному отбору ряда проб воздуха на специальных фильтрах с измерением альфа-активности осевших на данном фильтре радона, торона и их ДПР. Этот метод известен как аспирационный метод Маркова-Терентьева.

Измерение с помощью ИТРР приборов осуществлялось путем представительной выборки измеряемой пробы с учетом особенности структуры жилого фонда. Представительная выборка проб достигалась с помощью выполнения следующих условий: равномерного расположения объектов исследования на территории населенного пункта, а также представительного учета основных разновидностей жилых помещений. Представительность

выборки оценивалась по количеству исследуемых помещений в каждом конкретном населенном пункте. Для каждого жилого объекта радиометрические измерения проводились с учетом ряда факторов, а именно, особенностей строительно-конструктивных помещений, режима содержания жилых помещений и ряда условий измерения: времени экспонирования (1-3 месяца), климатических сезонов (зима-лето).

Отметим, что результаты радиационных замеров радона и торона, были получены методом Маркова-Терентьева, которые использовались при оценке эквивалентной равновесной объёмной активности (ЭРОА) торона, а также для оценки коэффициента равновесия F по сдвигу равновесия между отдельными ДПР радона. Инструментальные замеры для оценки мощности дозы внешнего гамма-излучения в жилых помещениях определялись с помощью прибора ДРГ-107Ц с использованием дополнительной приставки ИТРР.

В третьей главе представлены экспериментальные результаты измерения радиационного воздействия естественных природных источников ионизирующего излучения на население Иссык-Кульской области. Всего на территории Иссык-Кульской области обследовано 8 населенных пунктов. Общее число обследованных жилых помещений составило 500, причём из них в 200 жилищных помещениях проводились измерения, как в зимние месяцы, так и в летние месяцы года. Проведены 50 инспекционных замера ЭРОА торона аспирационным методом и 30 замеров мощности экспозиционных доз гамма-излучения в помещениях.

Среднее значение мощности экспозиционной дозы в жилых помещениях, находящихся на территории Иссык-Кульской области составило 17 мкР/ч, а в жилых помещениях, обследованных на территории Джумгалского района Нарынской области среднее значение после обработки случайных экспериментальных значений, лежащих в интервале 17-20 мкР/ч, составило 18,5 мкР/ч.

Исследования показали, что уровень внешнего гамма-излучения в жилищах городского типа заметно выше по сравнению с сельскими домами. Радиационный анализ строительных материалов как в городских (кирпич), так и сельских жилищах (саман) показал в обоих случаях завышенные значения по максимальному уровню мощности дозы гамма-излучения. Установлено, что в зданиях сельского саманного типа прослеживается тенденция к увеличению значений мощности экспозиционной дозы гамма-излучения в зависимости от роста возраста жилья. Аналогичная закономерность возрастания экспозиционной дозы гамма излучения наблюдается и в городских зданиях, но по сравнению с сельскими зданиями оно не является статистически значимым.

Расчетные значения средней годовой эффективной дозы облучения населения в Иссык-Кульской области в результате воздействия внешних

ионизирующих излучений в жилищах составило 0,82 мЗв/год, а в жилищах Джумгальского района Нарынской области - 0,92 мЗв/год. Расчетное значение годовой эффективной дозы от космического нейтронного излучения в жилищах Иссык-Кульской области, рассчитанное с помощью программного пакета CARI-6 составило - 0,14 мЗв/год, соответственно эти значения величин для Джумгальского района составило - 0,21 мЗв/год. Для сравнения суммарная годовая эффективная доза облучения гамма-излучений на открытых местностях горных пород в среднем составляет - 0,29 мЗв/год с учетом времени пребывания вне помещений - 1760 ч/год. Общая доза внутреннего и внешнего облучения людей в Иссык-Кульской области в сумме будет лежать в интервале значений 0,29 - 0,33 мЗв/год. Годовая эффективная доза от всех видов радиационных излучений (космического, внешнего излучения радионуклидов ненарушенной земной коры, строительных материалов и внутреннего облучения долгоживущими природными радионуклидами) для населения Иссык-Кульской области составляет 1,70 мЗв/год, а для населения Джумгальского района Нарынской области - 1,92 мЗв/год. Это величина для населения Иссык-Кульской области в 1,48 раза выше, а для Джумгальского района в 1,67 раза выше среднемирового значения эффективной дозы облучения, которая оценивается в 1,15 мЗв/год. По результатам исследований об уровнях содержания радона и его ДПР в воздухе жилых помещений с широким охватом населенных территорий Иссык-Кульской области позволяет последнее отнести к радоно-опасным территориям. Логарифм значений зимних и летних случайных величин ОА радона характеризуется нормальным распределением, позволяющее оценить среднее значение ОА со стандартным геометрическим отклонением (СГО). Средние значения распределения ОА радона для Иссык-Кульской области представлены в табл. 2.

Таблица 2. -Параметры распределения ОА радона

Населен. пункт	Объемная активность радона, Бк/м ³				
	Среднее	Осень	Зима	Весна	Лето
г. Балыкчы	14,5	12	19	16	11
с. Боконбаев	21,5	20	25	22	19
с. Кажы-Сай	25,25	25,25	24	28	27
с. Чычкан	38,5	16	22	19	18
пгт. Миң-Куш	26,5	31	33	14	28
с.Өрнөк	17,75	16	21	17	17
с. Арал	21,75	21	23	22	22
с. Сары-Камыш	21,75	20	23	22	22

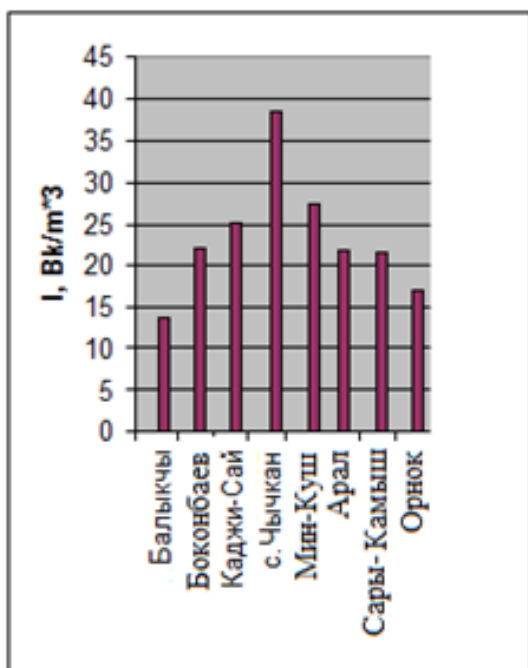


Рис.1. Диаграмма объёмной активности радона в поселениях Исык-Кульской и Нарынской областей.

Для наглядности на рис.1 представлена диаграмма распределения объёмной активности населенных пунктов, находящиеся на близлежащих территориях к бывшим урановым рудникам. Видно, что наиболее высокое ОА радона фиксируется в селе Жениш (бывшее название Чычкан) Исык-Кульской области.

Для корректной оценки среднегодового значения объёмной активности радона необходимо учитывать сезонные вариации содержания радона в атмосфере помещений. При отсутствии парных измерений, т.е. измерений проведенных как летом, так и зимой, необходима разработка моделей, основанных на анализе экспериментальных данных по

всесезонным измерениям, выполненным в одном и том же помещении.

Для оценки сезонных вариаций ОА радона использовались экспериментальные значения 469 парных измерений, выполненных как в летний, так и в зимний периоды в одном и том же помещении. Распределение средней случайной величины сезонного отношения ОА определялось по формуле $k = C_{\text{зима}} / C_{\text{лето}}$, логарифм расчётных значений k хорошо описывается нормальным распределением, позволяющее определить средние значения сезонных отношений ОА: среднее арифметическое - 4,33; среднее геометрическое - 1,69; СГО-4,75.

На рис.2 и 3 соответственно представлены сезонные вариации изменения значений ОА радона на территориях Исык-Кульской и Нарынской областей.

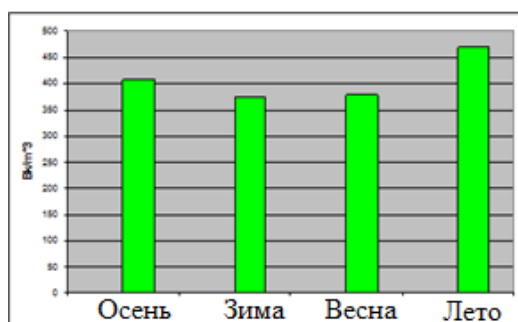


Рис.2. Средние сезонные изменения значений ОА радона на территории Исык-Кульской области.

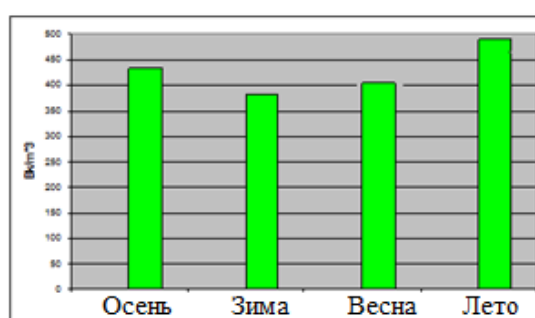


Рис.3. Средние сезонные изменения ОА радона на территории Нарынской области

Не наблюдается статистически значимой достоверной корреляции между значениями разности $C_{\text{зима}} - C_{\text{лето}}$ ОА радона и значениями $C_{\text{зим}}$ или $C_{\text{лет}}$ в отдельности. Распределение значений разности $C_{\text{зим}} - C_{\text{лет}}$ также хорошо описывается нормальным распределением. Параметры этого распределения представлены в табл. 3. Дополнительно были проанализированы зависимости сезонных вариаций ОА радона $C_{\text{зим}} - C_{\text{лет}}$ от материала конструкции здания и года его постройки. Для сельских зданий, построенных из дерева, анализ выявил статистически значимый минимальный уровень сезонных вариаций по сравнению с сельскими зданиями, построенными из других материалов. На основании анализа парных измерений зима-лето, выполненных соответственно в одних и тех же помещениях не выявил статистически значимую зависимость между зимними и летними значениями ОА радона и торона.

Таблица 3.- Сезонные значения распределения величины $C_{\text{зим}} - C_{\text{лет}}$ объёмной активности радона в населённых пунктах Иссык-Кульской и Нарынской областей

Населенный пункт	Объёмная активность радона, Бк/м ³				
	Среднее	Осень	Зима	Весна	Лето
г.Балыкчы	422	425	417	415	431
с. Бөкөнбаево	84	86	79	81	90
с. Чычкан	330,25	330	329	330	332
с. Кажи-Сай	1207,5	1209	1201	1206	1214
пгт. Миң-Куш	1138,75	1139	1132	1135	1149
с. Өрнөк	233,25	236	229	226	242
с. Арал	251,75	254	247	245	261
с. Сары-Камыш	241,75	241	237	239	250

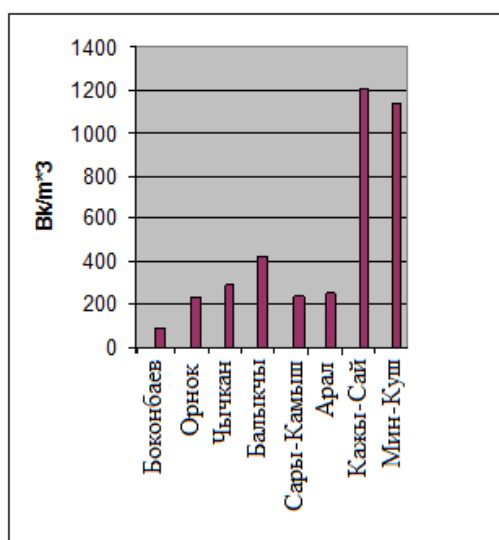


Рис.4. Диаграмма распределения величины ОА радона в населенных пунктах Иссык-Кульской и Нарынской областей.

Из рис.4 видно, что самые высокие значения ОА радона наблюдаются в двух поселках пгт. Каджи-Сай и пгт. Мин-Куш, находящиеся близко к бывшим действующим урановым шахтам. Причём значения ОА радона в этих поселках выше по сравнению с другими обследованными населенными пунктами в разы (в 3÷12 раз).

В связи с этим для климатических условий исследуемых регионов с учетом режимов содержания помещений получить корректное значение среднегодового ОА радона необходимо проведение всесезонных измерений ОА радона интегрирующими методами. Анализ связи ОА радона с конструктивными особенностями сельских зданий показал, что доминирующими факторами, влияющими на накопление радона, являются: материал стен (минимум — саман, максимум — бетон), год постройки здания (убывание зимних значений ОА с увеличением возраста здания). Для городских зданий наблюдается аналогичная зависимость зимних значений ОА радона от возраста здания. На рис. 5 и 6 соответственно представлены диаграммы осенних, зимних, весенних и летних изменений значений ОА радона для Иссык-Кульской области и Джумгалского района Нарынской области. Из диаграмм видно, что в осенне–зимний периоды значения ОА радона выше на 20-25 Бк/м³ по сравнению с весенне-летним периодом. Причем такая тенденция повышения ОА радона в осенне-зимний период имеет место как на территориях Иссык-Кульской, так и Нарынской областей.

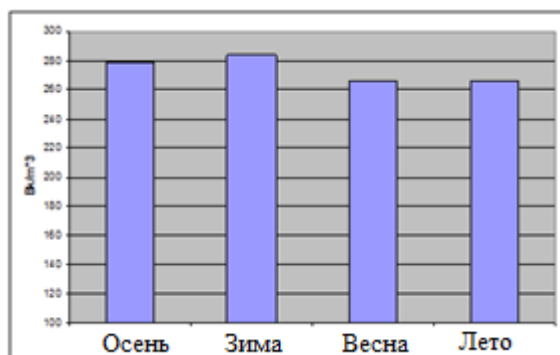


Рис.5. Средние всесезонные изменения значений ОА радона на территории Иссык-Кульской области.

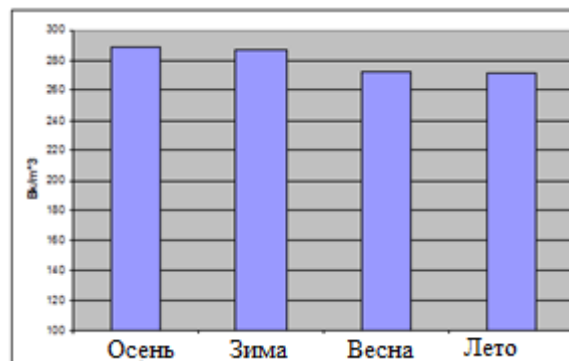


Рис.6. Средние всесезонные изменения ОА радона на территории Джумгалского района

Комплексные исследования ОА радона в жилых помещениях от различных факторов позволяют выдвинуть гипотезу о диффузионном пути поступления радона из почвы и от строительных материалов, как о доминирующем механизме, являющейся наиболее приемлемым для исследуемого региона с его геологическими и климатическими особенностями.

Диффузионный механизм поступления радона в помещения как доминирующий также подтверждается режимами содержания помещений в теплый период года двумя факторами:

1. наличием открытых окон и дверей для обеспечения проветривания;
2. изоляцией помещений плотным закрытием окон и дверей при сильном прогревом внешнем воздухе (жаркой погоде).

Таким образом, исследованиями установлено, что отличия в конструкциях городских и сельских зданий в первую очередь оказывает влияние на понижение доли конвективного механизма поступления радона из почвы в помещение и практически не оказывают влияние на доленое поступление радона путем диффузионного механизма.

В данной главе проведена оценка среднегодовых значений ЭРОА радона для Иссык-Кульской области. Среднегодовые значения ЭРОА радона рассчитаны по результатам парных измерений ОА радона, проведенных соответственно летом и зимой в одном и том же помещении (см. табл4.).

Таблица 3.-Значения мощности экспозиционной дозы гамма излучения в жилых зданиях.

№	Населенный пункт	Количество измерений	Мощность экспозиционной дозы, мкР/ч
<i>Нарынская обл Жумгалский район</i>			
1	Арал	46	18 ± 6
2	Өрнөк	48	20 ± 6
3	Сары-Камыш	48	20 ± 6
4	Миң-Куш	52	22 ± 6
<i>Ысык-Кульский обл</i>			
5	Балыкчы	50	17 ± 4
6	Бөкөнбаев	50	20 ± 6
7	Кажы-Сай	47	18 ± 6
8	Чычкан	50	20 ± 6

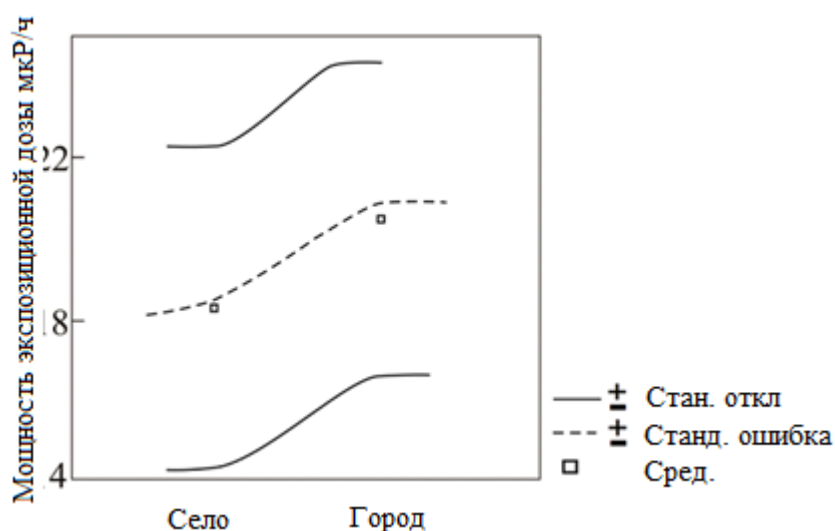


Рис.7. Интегральные изменения величины мощности экспозиционной дозы гамма излучения в зависимости от типа (городское, сельское) жилищного

помещения на примере села: Бөкөнбаев, Жениш, Арал, Өрнөк, Сары-Камыш;
города: Балыкчы, Мин-Куш, Кажы-Сай)

Причём коэффициент равновесия F в холодный период (3 месяца зимы) бралось равным $F = 0,5$ с учетом Российской специфики содержания помещений, а в теплый период (длительностью 9 месяцев) равным $F=0,3$.

Таким образом, реальная радоновая опасность территорий Иссык-Кульской области очевидна и превышает в 4,7 раз средне нормативные мировые значения ЭРОА. Следовательно, необходимо проводить на этих территориях соответствующие защитные мероприятия по понижению радоновой радиации при строительстве и эксплуатации жилых зданий.

Представляло интерес оценить уровни ЭРОА торона от ряда факторов, а именно: от материала несущих стен, наличия штукатурки, покрытия стен и года постройки жилья. Установлены различия в значениях уровня ЭРОА торона, в зависимости от материала стен. Показано, что только в городских зданиях построенные из кирпича имеют высокие уровни торона. В панельных домах городского типа с не отштукатуренными стенами уровень торона значительно ниже, чем в кирпичных отштукатуренных помещениях (рис. 7).

Сравнивая значения уровней ЭРОА торона в отштукатуренных помещениях городского и сельского типа заметны определенные различия, но следует отметить, что все эти значения существенно превышают уровни торона в неоштукатуренных помещениях. Это однозначно свидетельствует о том, что источником поступления торона в помещения зданий служит не столько строительный материал несущих стен, сколько покрывающая стены штукатурка.

На рис.8. приведена сравнительная диаграмма годовых доз облучения от природных источников ионизирующего излучения для жилищных помещений Иссык-Кульской области и Джумгалского района Нарынской области.

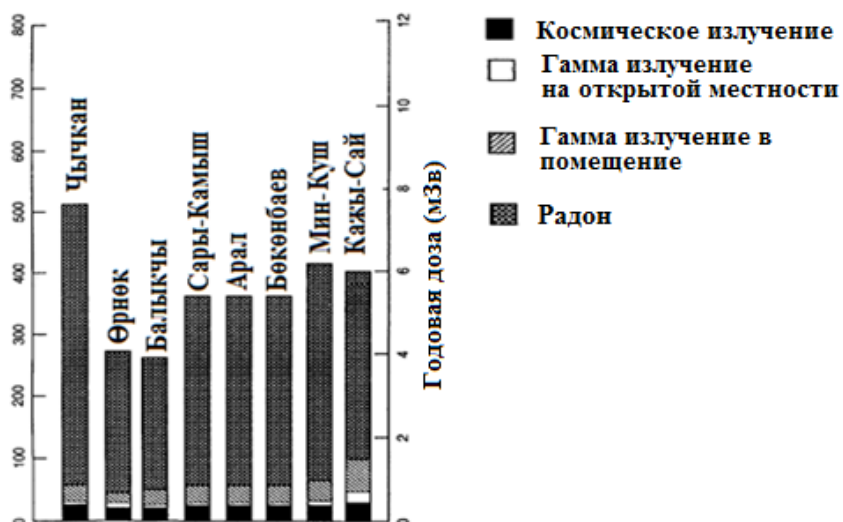


Рис.8 Диаграмма сопоставления годовых нагрузок доз ионизирующих излучений на проживающее население в Иссык-Кульской области, а также жителей Джумгалского района Нарынской области.

Из диаграммы годовых доз естественно-природного облучения наиболее весомую долю воздействия на население в Иссык-Кульской области и Джумгалского района Нарынской области играет радоновое ионизирующее облучение. Это дозовая величина превышает в ~15-30 раз по сравнению с суммарной величиной, взятых в совокупности от всех других действующих излучений: космического излучения, гамма излучения с открытых территорий и гамма излучений, имеющиеся внутри помещений. Результаты показывают, что в селе Жениш, бывшее название Чычкан Иссык-Кульской области, суммарная годовая нагрузка доз на население за последние 70 лет имеет самые высокие показатели радиации и составляет более 500 мЗв. Отметим, что основную доминирующую долю радиации, воздействующую на население в исследуемых пунктах двух областей (Жениш, Орнөк, Балыкчы, Сары-Камыш, Арал, Бөкөнбаево, Мин-Куш, Каджи-Сай и др., см. рис.8) является радоновое облучение, которое по интенсивности составляет около 80%, а остальная часть 20 % в сумме состоит из радиаций космического излучения, гамма излучения с открытых территорий и гамма излучения внутри помещений.

Таким образом, для населения Иссык-Кульской области и Джумгалского района Нарынской области среднее значение годовой эффективной дозы облучения от всех действующих природных источников ионизирующего излучения составляет 6,3 мЗв/год, что в 2,6 раза превышает номинальный среднемировой уровень облучения от природных источников излучения, соответственно равный 2,4 мЗв/год.

В четвертой главе рассмотрены два основных типа механизмов поступления радона и торона в помещение - конвективный и диффузионный. Учитывая климатические особенности региона и специфику режимов содержания зданий. Предполагается, что диффузионный механизм поступления радона и торона является доминирующим, по крайней мере, в течение наиболее протяженного теплого сезона. Это предположение косвенно подтверждается на основе комплексных экспериментальных результатов радоновой радиации представленных в главе 3.

Показано, что горные породы в исследуемом регионе и соответственно местные строительные материалы, используемые в сельском строительстве, имеют повышенные уровни содержания природных радионуклидов (^{226}Ra до 100-150 Бк/кг, ^{232}Th до 100-160 Бк/кг). В данной главе стояла задача проверить косвенно, обоснованное положение о том, что экспериментально определенные дозы облучения населения в основном обусловлены диффузионным поступлением изотопов радона ^{220}Rn и ^{222}Rn в жилые помещения. Для выяснения этого нами проведены расчеты методом Монте-Карло с использованием специализированных программных пакетов RESRAD 6.2 и

RESRAD-BUILD 3.10. Этот метод позволяет оценить дозы облучения населения от радиоактивного загрязнения территорий и помещений. При расчетах было сделано предположение, что средняя удельная активность ^{226}Ra и ^{232}Th в строительных материалах составляет около 100 Бк/кг. Аналогичное значение было принято для удельной активности Ra в почве. При расчетах учитываются все пути воздействия радионуклидов на человека, включая эманирование - процесс выделения радона из материалов, содержащих ^{226}Ra и ^{232}Th , и накопление их ДПР в атмосфере помещений. При расчетах использовался ряд ключевых параметров модели не в виде дискретных величин, а в виде функций распределения. Экспериментально измеряемые радиоактивные величины изменяются по статистическим законам распределения. Для расчётов методом Монте-Карло использовали ряд физико-химических величин: удельную активность радионуклида; коэффициент диффузии радона и торона в почве и строительных материалах; пористость почвы и строительных материалов; коэффициент эманирования радона и торона; толщину фундамента здания, толщину строительных конструкций, содержащих радионуклиды ^{226}Ra и ^{232}Th ; кратность воздухообмена в помещении; плотность строительных материалов.

Параметры распределения эффективных доз (мЗв), обусловленных ингаляционным облучением ДПР радона и торона от различных природных источников, представлены в табл. 8. Из полученных данных видно, что дозы облучения населения за счет ингаляционного облучения ДПР ^{222}Rn и ^{220}Rn , наблюдаемые в Иссык-Кульской области, вполне могут быть объяснены исключительно диффузионным поступлением радона в помещение из почвы и строительных материалов. Оцененные дозы облучения за счет радона и торона хорошо согласуются с результатами полевых измерений. Более точные оценки могут быть сделаны при наличии детальной информации по удельной активности ^{226}Ra и ^{232}Th в почве и строительных материалах.

Таблица 4. - Параметры распределения эффективных доз, обусловленных ингаляционным облучением ДПР радона и торона.

Параметр распределения	Источник радона		
	Диффузия ^{222}Rn из почвы	Диффузия ^{222}Rn из стройматериалов	Диффузия ^{222}Rn из стройматериалов
Среднее	3,3	0,43	1,8
Медиана	1,0	0,40	1,7
5% процентиль	0,091	0,15	0,60
95% процентиль	12,8	0,76	3,6

Результаты расчетов демонстрируют, что вариации уровней облучения ^{222}Rn в жилищных помещениях в основном обусловлены различиями в геофизических характеристиках почв, параметрах перекрытия между почвой и

жилой зоной и кратностью воздухообмена. Вариации доз, связанных с облучением торона, в основном обусловлены вариациями удельной активности ^{232}Th и коэффициента диффузии ^{220}Rn в строительных материалах.

ВЫВОДЫ

По результатам исследования сделаны следующие основные выводы:

1. Экспериментально выявлены величины ОА радона и торона и их ДПР в жилых помещениях сел и поселков городского типа, находящиеся рядом от природных источников радиоактивных излучений Иссык-Кульской и Нарынской областей в зависимости от времен года. Установлено, что в осенне-зимний периоды значения ОА радона выше на 20-25 Бк/м³ по сравнению с весенне-летним периодам. Причем такая тенденция повышения ОА радона в осенне-зимний период имеет место как на территориях Иссык-Кульской, так и Нарынской областей.
2. Установлено, что на исследуемых территориях Иссык-Кульской и Нарынской областей среднее значение годовой эффективной дозы облучения от всех действующих природных источников ионизирующего излучения составляет 6,3 мЗв/год, что в 2,6 раза превышает номинальный среднемировой уровень облучения от природных источников излучения, соответственно равный 2,4 мЗв/год.
3. Результаты расчётных значений эффективной годовой дозы облучения населения Иссык-Кульской и Нарынских областей от природных источников ионизирующего излучения (за исключением радона) составляет 1,7 мЗв/год, от ДПР радона – 3,4 мЗв/год, от ДПР торона – 1,2 мЗв/год.
4. Рассчитаны ожидаемые уровни радиационного риска возникновения рака легких, атрибутивного риска и ожидаемого сокращения продолжительности жизни, обусловленные ингаляционным облучением ДПР радона и торона с учетом региональных медико-демографических данных для населения Иссык-Кульской и Нарынской областей. Полный атрибутивный риск радиационно-индуцированного рака легких у людей, проживающих на территории Иссык-Кульской области, составляет 43-46%. Атрибутивный радиационный риск, обусловленный облучением ДПР изотопов радона с ЭРОА > ЭО Бк/м³, составляет 33-39%.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

1. **Асаналиева, Т.М.** Радиоэкологический мониторинг прииссыккуля как пример международного сотрудничества в области безопасности биосферы. [Текст]/ [А.С.Бекташов, У.К.Мамытбеков, Т.М.Асаналиева, Д.В.Райков, А.Н.Черепанов, М.М.Кидибаев, Т.С.Королева, Б.В. Шульгин, В.Ю.

- Иванов]//- Сб. науч.тр. - Международного молодежного научного симпозиума «Безопасность биосферы-2009», 2009. - С.126-127.
2. **Асаналиева, Т.М.** Облучение населения Иссык-Кульской области за счет природных источников излучения (за исключением радона). [Текст]/ У.К. Мамытбеков, Т.А. Асаналиева, М.М. Кидибаев/ Научный журнал физика 2015. -№1.- С.64-70.
 3. **Асаналиева, Т.М.** Сезонный мониторинг радиации. [Текст] / Т.М. Асаналиева, У.К. Мамытбеков, М.М. Кидибаев, Г.С. Денисов /Бишкек: Сб. науч. тр. XI Иссык-Кульской международной школы-конференции по радиационной физике твердого тела SCORPh-2015. - 2015. - С. 131-135.
 4. **Асаналиева, Т.М.** Объемная активность радона в жилых помещениях Иссык-Кульской области. [Текст]/ [Т.М.Асаналиева, У.К. Мамытбеков, М.М. Кидибаев, Г.С. Денисов] / -Бишкек: Известия Вузов, 2016. - №2. -С. 7-9.
 5. **Асаналиева, Т.М.** Табигый радионуклиддерден калктын нурлануусун баалоо проблемасы. [Текст]/ [Т.М.Асаналиева, У.К. Мамытбеков, М.М. Кидибаев] / Бишкек: Научный журнал «Физика», 2016. -№1. - С. 159-163.
 6. **Асаналиева, Т.М.** Выбор мест проведения мониторинга. [Текст]/ У.К. Мамытбеков, Т.М. Асаналиева, М.М. Кидибаев, Г.С. Денисов. /Сб.науч.тр. III международной научно-практической конференции/ Векторы развития современной науки/ Уфа: 2016. - С.111-115 www.nikapress.ru.
 7. **Асаналиева, Т.М.** «Радондун мүнөздөмөсү жана анын бөлүнүүсүнүн айкаш продуктылары (БАП). [Текст]/ У.К. Мамытбеков, Т.М. Асаналиева, М.М. Кидибаев. / Бишкек: Известия КГТУ им. И.Раззакова. - №3 (39). - Ч. I, 2016. - С.456-460.
 8. **Асаналиева, Т.М.** Радондун бөлүнүшүнүн айкаш продуктыларынын (БПАнын) изотопторунан ингаляциялык нурланууга себепкер болгон радиациялык коркунучту эсептөө. [Текст]/ Т.М. Асаналиева, У.К. Мамытбеков, М.М. Кидибаев. / Научный журнал «Физика» 2016. №1. Международная научно-практическая конференция «Современное состояние физико-технических проблем и материаловедение» посвященной памяти академика Ж.Жеенбаева./ Бишкек, 2016. - С.54-62.
 9. **Асаналиева, Т.М.** Моделирование доз облучения населения за счет диффузионного поступления радона в помещения. [Текст]/ Т.М. Асаналиева, У.К. Мамытбеков, М.М. Кидибаев. / Переяслав-Хмельницкий: Актуальные научные исследования в современном мире/ XVIII Международная научная конференция 26-27 октября 2016 . - С. 150-156. - <https://iscience.in.ua>.
 10. **Асаналиева,Т.М.** Сезонные измерения радиации на южном берегу Иссык-Куля. [Текст]/ Евразийское Научное Объединение//Материалы международной научной конференции «Актуальные вопросы развития науки в мире». Москва: 2019. -№50. – С. 26-29.

Асаналиева Тынчыгүл Мукашевнанын

“Иондоштуруучу нурлануунун табигый булактарынын радиациялык таасирлери”-темасындагы 01.04.07- Конденсирленген абалдын физикасы адистиги боюнча физика-математика илимдеринин кандидаттык окумуштуулук даражасын изденип алуу үчүн жазылган диссертациялык ишинин

Р Е З Ю М Е С И

Түйүндүү сөздөр: Радон, торон, бөлүнүүнүн өндүрүмдөрү, радиация булактары, көлөмдү активдүүлүк, нурлантуу, нурлануу, стандарттык жантаюу.

Изилдөөнүн максаты: Ысык-Көл жана Нарын облустарынын калкына иондоштуруучу нурлануунун табигый булактарынын келтирген радиациялык коркунучту, ошондой эле аталган нурлануудан келип чыккан радиациялык тобокелчиликти баалоо.

Изилдөөнүн объектилери: Изилдөөнүн объектилери: Ысык-Көл жана Нарын облустарынын калк жашаган аймактар, аймактагы иондоштуруучу нурлануунун табигый булактары.

Изилдөө ыкмалары жана аппаратуралар: Үйлөрдүн ичиндеги абадагы радон менен торондун БӨнүн аэрозолдорунун жана радондун изотопторунун КАСын аныктоо үчүн ар кандай эки принципалдуу өлчөө ыкмалары колдонулду: 1. Радондун интеграцияланган тректүү радиометрин колдонуу менен узак убакыттагы өлчөөлөр; 2. Сыналуучу абаны кыска мөөнөттүү тандоого негизделген, аспирациялык ыкма.

Тректүү детектор РЭИ-4, САПФИР-001, УМФ-2000, ПЕГАС-1.

Изилдөөнүн илимий жаңылыгы:

-Биринчи жолу жылуу континенталдык климаттуу тоолуу аймактагы үйлөрдөгү радондун жана торондун, алардын БӨсүнүн топтолуу жана кирүү процессинин мыйзам ченемдүүлүгү аныкталды; - Орто-Азия аймагы үчүн көнүмүш болгон имараттын конструктивдик өзгөчөлүгүн жана тейлөө тартибин, радондун жана торондун диффузиялык кирүүсүнүн басымдуулугун эсепке алуу менен радондун жана торондун имараттарга үйлөргө кирүүсүнүн модели иштелип чыккан; - Иондоштуруучу нурлануунун табигый булактарынан Ысык-Көл жана Нарын облустарынын калкынын алган жылдык орточо эффективдүү дозасы биринчилерден болуп эсептелип чыкты; - Биринчи жолу негизги радиациялык фактор болгон радондун жана торондун БӨсүнөн ингаляциялык нурланууга дуушарланган аймактын калкы үчүн радиациялык тобокелчиликтин комплекстүү баалануусу алынды.

Иштин практикалык маанилүүлүгү:

-Радондун топтолуу деңгээлин изилдөөнүн натыйжасы аймактын калкынын нурлануусун чектөө боюнча иш-чараларды иштеп чыгууга жана пландоого негиз болуп берет.

-Табигый радионуклиддерден нурлануунун деңгээлин изилдөөдө алынган жыйынтыктар радондун жана торондун онкологиялык ооруларга тийгизген таасири боюнча эпидемиологиялык изилдөөлөрдү уюштурууда колдонулушу керек.

-Курулуштардагы радиациялык системаларды иштеп чыгууда жана үй комплекстери курулуучу жерлерди пландоодо радондун жана торондун КАСын өлчөөнүн натыйжалары эске алынышы керек.

- Ысык-Көл жана Нарын облустары боюнча алынган тең салмактуулук коэффициентин климаты окшош башка аймактар үчүн да пайдаланса болот.

РЕЗЮМЕ

диссертации Асаналиевой Тынчыгул Мукашевны на тему:
«Радиационное влияние природных источников ионизирующих излучений» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04. 07 - физика конденсированного состояния

Ключевые слова: радон, торон, дочерние продукты распада, природные источники радиации, объемная активность, дозы облучения, стандартное отклонение.

Цель исследования. Определить реальные дозы радиационной нагрузки на население от имеющихся природных источников ионизирующего излучения в Иссык-Кульской и Нарынской областях и провести оценку возможных рисков на здоровье человека, обусловленных воздействием этих ионизирующих радиационных излучений.

Объекты исследования. Населенные пункты Иссык-Кульской и Нарынской областей, природные источники ионизирующего излучения, воздушное пространство жилых помещений, горные породы, почва, строительные материалы.

Методы исследования и аппаратура. Для определения ОА изотопов радона и аэрозолей дочерних продуктов распада радона и торона в воздухе жилых помещений применялись два принципиально различных метода измерений: 1. Долгосрочные измерения с использованием интегрирующих трековых радиометров радона; 2. Аспирационный метод, основанный на кратковременном отборе проб воздуха.

Трековый детектор РЭИ-4, САПФИР-001, УМФ-2000, ПЕГАС-1.

Полученные результаты. Установлены закономерности поступления радона, торона и их ДПР в жилых помещениях с теплым континентальным климатом Иссык-Кульской и Нарынской областей. Выявлена доминирующая диффузионная модель поступления радона и торона в жилые помещения с учетом конструктивных особенностей и режима содержания зданий, типичных для среднеазиатского региона. Рассчитаны средние годовые эффективные дозы ионизирующего облучения населения Иссык-Кульской и Нарынской областей и проведена оценка радиационного риска населения, обусловленного ингаляционным облучением радона и торона и их ДПР.

Область применения. Знания о численных значениях уровня радоновой радиации в помещениях позволяет провести соответствующие мероприятия по ограничению облучения населения продуктами распада радона и торона на территориях Иссык-Кульской и Нарынской областей, а также использоваться специалистами эпидемиологических организаций в целях предупреждения онкологической заболеваемости населения. Результаты измерений ОА радона могут быть учтены при планировании мест застройки жилых комплексов и разработке системы радиационного контроля в строительстве.

SUMMARY

Asanalieva Tynchygul Mukashevna

THE RADIATION EFFECTS OF NATURAL IONIZING SOURCES EMITTING

Dissertation for the degree of candidate of physical-mathematical sciences

(specialty 01.04. 07 - condensed matter physics)

Keywords: radon, thoron, daughter decay products, natural sources of radiation, volumetric activity, radiation doses, model of radon accumulation in dwellings.

Aims of paper: Determine the actual doses of radiation load on the population from the existing natural sources of ionizing radiation in the Issyk-Kul and Naryn oblasts and assess the possible risks to human health due to the effects of these ionizing radiation.

Objects of research: Populated areas of the Issyk-Kul and Naryn regions, natural sources of ionizing radiation, the air space of residential premises, rocks, soil, building materials.

Methods of research and equipment: To determine the volumetric activity (VA) of isotopes of radon and aerosols of the daughter products of the decay of radon and thoron in the air of residential premises, two fundamentally different methods of measurement were used: 1. Long-term measurements using radon integrating track radiometers; 2. Aspiration method based on short-term air sampling.

Track detector REI-4, SAPFIR-001, UMF-2000, PEGAS-1.

Methods of investigation: The regularities of radon, toron and their VA in residential premises with a warm continental climate of the Issyk-Kul and Naryn regions are established. The dominant diffusion model of radon and toron entry into residential premises has been identified, taking into account the design features and mode of building maintenance typical for the Central Asian region. The average annual effective doses of ionizing radiation in the population of the Issyk-Kul and Naryn regions were calculated and the radiation risk of the population due to inhalation exposure of radon and thoron and their decay product (DP) was assessed.

Application area: Knowledge of the numerical values of the level of radon radiation in the premises allows to take appropriate measures to limit public exposure to decay products of radon and thoron in the territories of Issyk-Kul and Naryn regions, as well as to be used by specialists of epidemiological organizations to prevent oncological morbidity of the population. The results of measurements of radon VA can be taken into account when planning construction sites for residential complexes and developing a radiation monitoring system in construction.

ПЕРЕЧЕНЬ УСЛОВНЫХ ОБЗНАЧЕНИЙ

ДПР -	дочерный продукт распада
ОА-	объемная активность радона
ООН-	организация объединенных наций
НКДАР-	научный комитет по действию атомной радиации
ИТРР-	интегрирующие трековые радиометры радона
ЭРОА-	Эквивалентная равновесность объемной активности
СГО-	стандартное геометрическое отклонение
ПГО -	производственное геофизическое объединение
WLM -	working level month
ФЭУ -	фотоэлектронный умножитель
$C_{\text{зима}} - C_{\text{лето}}$ -	Сезонная активность радона
мкР/ч -	мощность экспозиционной дозы
мЗв/год -	годовая эффективная доза от всех видов радиационных излучений
Бк/м ³ -	объемная активность радона
Бк/кг -	уровень содержания природных радионуклидов

Формат 60x84/16.

Объем 1,5 п.л. Офсетная бумага. Тираж 100экз.

Отпечатано в типография ОсОО “Мега Формат”.