



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГУМАНИТАРНО-
ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ЮУрГГПУ»)

ФАКУЛЬТЕТ ЕСТЕСТВЕННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
КАФЕДРА ХИМИИ, ЭКОЛОГИИ И МЕТОДИКИ ОБУЧЕНИЯ ХИМИИ

**Изучение гамма-излучения в природных объектах
города Кыштыма**

Выпускная квалификационная работа
по направлению 05.03.06 Экология и природопользование
Направленность программы бакалавриата
«Природопользование»

Проверка на объем заимствований:
50,94 % авторского текста

Работа рекомендована к защите
рекомендована/не рекомендована
«26» мая 2017 г.
зав. кафедрой Химии, экологии и МОХ
(название кафедры)
Сычев В.А.

Выполнила:
Студентка группы ОФ-401/058-4-1
Мордвинова Ольга Дмитриевна

Научный руководитель:
к.б.н., ст.преподаватель
Шарова Лилия Федоровна

Челябинск
2017

Содержание

Введение.....	3
Литературный обзор. Радиационная обстановка в Челябинской области за период 2015-2017гг.....	5
Глава 1. Экологические аспекты гамма-излучения в природе.....	11
1.1. Общие понятия «радиации».....	11
1.2. Виды ионизирующего излучения: бета – излучения и гамма-излучения.....	12
1.3. Воздействие гамма – излучения на природные объекты.....	15
1.4. Кыштымская авария 1957 г. Образование ВУРСа.....	19
1.5. Экологические аспекты воздействия радиации на человека. Техногенное и природное облучение населения.....	24
Глава 2. Результаты контроля гамма- излучения в природных объектах в исследованной территории.....	32
2.1. Объект исследования – г. Кыштым.....	32
2.2. Методы измерения гамма-излучения.....	33
2.2.1. Дозиметрический метод.....	33
2.2.2. Метод пространственной интерполяции. Простой кригинг...	34
2.3. Результаты исследования уровня загрязнения гамма-фон в почве...	36
2.4. Результаты исследования уровня загрязнения гамма-фон в водных объектах.....	38
2.5. Результаты исследования уровня загрязнения гамма-фон от радионуклидов в воздухе.....	39
2.6. Динамика гамма-радиоактивности природных объектов города Кыштым.....	41
Заключение.....	52
Список литературных источников.....	55

Введение

Общее загрязнение окружающей среды техногенными радионуклидами было обусловлено атмосферными ядерными взрывами, проводившимися с 1945 по 1990гг. в процессе испытаний ядерного оружия на полигонах планеты. На некоторых территориях РФ имело место дополнительное радиоактивное загрязнение объектов окружающей среды: на АТР в 1957г. вследствие радиационной аварии на ПО «Маяк», расположенном в Челябинской области и в 1967г. из-за ветрового выноса радионуклидов с обнажившихся берегов оз. Карачай, куда сливались жидкие радиоактивные отходы этого предприятия. Кроме того, источниками локального радиоактивного загрязнения окружающей среды являются некоторые предприятия ядерно-топливного цикла, такие как ПО «Маяк» в Челябинской области.

Наиболее значительным является Восточно-Уральский радиоактивный след (ВУРС), который образовался в результате взрыва емкости с радиоактивными отходами на ПО «Маяк» 29 сентября 1957г.

В зоне ВУРС приоритетным нуклидом является ^{90}Sr . Кроме ВУРС, в районе ПО «Маяк» имеется «цезиевый» радиоактивный след. Своим происхождением он обязан ветровым выносам радиоактивной пыли обнажившихся берегов оз. Карачай, куда ранее сливались жидкие радиоактивные отходы этого предприятия. Этот след расположен широким веером и частично наложил на зону ВУРС.

Актуальность темы

Территория исследования была выбрана не случайно. Зона города Кыштым была подвержена атмосферному загрязнению со стороны ПО «Маяк» 29 сентября 1957 года.

По данным экологов, территория, входящая в ВУРС, считается на современном этапе региональной проблемой Челябинской области. Из-за

взрыва на ПО «Маяк» город Кыштым, находящийся вблизи, получил мощное загрязнение – радионуклидами ^{137}Cs и ^{90}Sr . В связи с тем, что большое количество радиационных осадков выпало в пределах города, оказало воздействие на атмосферу, гидросферу, педосферу.

Последствия «Кыштымской аварии» распространились по Восточной части Уральского федерального округа.

Цель исследования – дать оценку гамма-излучения в городских условиях в системе атмосфера-гидросфера-педосфера на примере города Кыштым.

В ходе исследования решались следующие задачи:

1. Определить показатели гамма – излучения от естественных объектов, в почве, водных объектов и атмосфере города Кыштым.
2. Рассчитать гамма-фон от радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в почве, водных объектов и атмосфере города Кыштым.
3. Дать оценку пространственного распределения гамма-радиоактивности в черте города Кыштым.
4. Охарактеризовать динамику гамма-радиоактивности за период времени январь 2016 – март 2017гг. в границах города Кыштым.

Предмет исследования – гамма-фон радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в водных объектах, почве и воздухе.

Объект исследования – поверхностная вода, воздух, почва в пределах города Кыштым.

Методы исследования:

- Дозиметрический;
- Картографический;
- Пространственной интерполяции. Кригинг.

Научная новизна работы

Впервые применены методы пространственной интерполяции (Кригинг) для оценки радиационной обстановки города Кыштым.

Литературный обзор. Радиационная обстановка в Челябинской области за период 2015-2017гг.

2015 г.

Река Теча, загрязненная радионуклидами в результате деятельности производственного объединения «Маяк», на всем своем протяжении выведена из всех видов водопользования.

Основными техногенными радиоактивными загрязнителями экосистемы р. Теча в настоящее время являются ^{90}Sr , ^{137}Cs .

Наличие в верхнем течении реки Теченского каскада промышленных водоемов ПО «Маяк» и системы обводных каналов оказывает влияние на уровень радиоактивного загрязнения открытой гидрографической системы реки и ее водность. По заказу Министерства по радиационной и экологической безопасности Челябинской области проводился контроль над радиационной обстановкой на реках Теча и Караболка.

В 2015 г. среднегодовая концентрация ^{90}Sr в воде р. Теча на территории Челябинской области продолжала превышать уровень вмешательства (далее – УВ) для ^{90}Sr (4,9Бк/л), установленного НРБ-99/2009, варьируя по 3 контрольным створам (Муслимово, Бродокалмак, Нижнепетропавловское) от 17,2 до 22,5Бк/л (в 2015 г. – от 12,0 до 13,6 Бк/л). Среднегодовая концентрация ^{137}Cs по 3 контрольным створам варьировала от 0,03 до 0,21Бк/л, что значительно ниже значения УВ для данного радионуклида (11Бк/л). Среднегодовая концентрация трития составила в створе Муслимово – 241Бк/л, в створе Нижнепетропавловское – 138Бк/л, что также значительно ниже значения УВ для данного радионуклида (7600Бк/л).

Река Караболка протекает по северным территориям Челябинской области. Истоки реки расположены на территории прохождения Восточно-Уральского радиоактивного следа (болото Бугай).

Основным источником радиоактивного загрязнения реки являются техногенные радионуклиды, которые поступают в экосистему реки в результате вторичных процессов их смыва с водосборной поверхности и выщелачивания из донных отложений. В 2015 г. радиационная обстановка на р. Караболка сохранялась стабильной. Отбор проб воды проводился в контрольных створах Татарская Караболка и Уст-Караболка. Как и в предыдущие годы, среднегодовые концентрации ^{90}Sr (0,9–1,5Бк/л) и ^{137}Cs (0,01Бк/л) в воде р. Караболка наблюдались на уровне значительно ниже УВ для данных радионуклидов, установленных НРБ-99/2009.[1]

2016г.

В течение 2016 года радиационная обстановка на территории Челябинской области сохранялась стабильной и оценивалась как удовлетворительная. Оценка и анализ данных радиационного контроля позволили сделать вывод о том, что предприятия и организации, эксплуатирующие источники ионизирующего излучения, включая ведомственные предприятия, в отчетном году работали в штатном режиме, дозовые нагрузки на персонал, население области, включая население зон наблюдения особо ядерно - и радиационно-опасных объектов, находятся на уровне многолетних среднеобластных и среднероссийских показателей.

В рамках исполнения основных полномочий по обеспечению радиационной безопасности населения Челябинской области было организовано выполнение следующих мероприятий:

- контроль над радиационной обстановкой на реках Теча и Караболка;
- контроль над радиационными параметрами атмосферного воздуха;
- комплексная радиационно-гигиеническая оценка воздействия радиационного фактора на население Челябинской области.

Основной целью контроля радиационных параметров атмосферного воздуха является получение регулярной оперативной информации о радиационной обстановке на территории Челябинской области.

Основными задачами контроля радиационных параметров атмосферного воздуха являются:

- осуществление непрерывных, регулярных наблюдений за изменением радиационных параметров атмосферного воздуха;
- оценка текущей радиационной обстановки в зонах наблюдения радиационных объектов;
- оперативное обнаружение повышений радиационного фона в зонах наблюдения;
- оценка масштабов и уровней повышения радиационного фона, определение качественного состава загрязнения, определение источника радиоактивного загрязнения.

Посты радиометрического контроля расположены с учетом источников радиоактивного загрязнения окружающей среды:

- вокруг радиационно опасных объектов (ФГУП «ПО «Маяк», ФГУП «РФЯЦ ВНИИТФ», ПХРО Челябинского отделения филиала «Уральский территориальный округ ФГУП «РосРАО») на расстоянии до 30км;
- на территории Восточно-Уральского радиоактивного следа;
- в наиболее крупных городах с большим количеством жителей (Челябинск, Магнитогорск, Златоуст, Троицк);
- на территориях за пределами зоны непосредственного влияния радиационно опасных объектов (фоновый мониторинг).

В 2016 году лабораториями радиационного контроля ФГУП «ПО «Маяк» и Челябинского ЦГМС – филиала ФГБУ «Уральское УГМС» проанализировано 460 проб атмосферного воздуха на соответствие санитарным нормам.

В 2016 году по заказу Министерства по радиационной и экологической безопасности Челябинской области определялись:

- значения мощности экспозиционной дозы (далее именуется – МЭД) гамма-излучения в 21 контрольном населенном пункте Челябинской области: Метлино, Худайбердинский, Новогорный, Кыштым, Касли, Тюбук, Татарская Караболка, Муслимово, Малый Куяш, Ибрагимово, Усть-Караболка, Троицк, Аргаяш, Бродокалмак, Верхний Уфалей, Златоуст, Миасс, Нязепетровск, Челябинск, Карталы, Октябрьское;

- суммарная бета-активность, концентрации ^{137}Cs , ^{90}Sr , ^7Be , трития, изотопов плутония в атмосферных аэрозолях, концентрации ^{90}Sr в атмосферных выпадениях в контрольных населенных пунктах Новогорный, Кыштым, Метлино, Аргаяш, образующих круговую зону наблюдения за текущей деятельностью ФГУП «ПО «Маяк»;

суммарная бета-активность, концентрации ^{137}Cs , ^7Be и ^{90}Sr в 20 контрольных населенных пунктах: Метлино, Худайбердинский, Новогорный, Кыштым, Касли, Тюбук, Татарская Караболка, Муслимово, Малый Куяш, Ибрагимово, Усть-Караболка, Троицк, Аргаяш, Бродокалмак, Верхний Уфалей, Златоуст, Миасс, Нязепетровск, Челябинск, Магнитогорск.

Полученные значения концентраций радионуклидов в пробах атмосферного воздуха и атмосферных выпадений не превышали значений допустимой объемной активности, установленных Нормами радиационной безопасности-99/2009 (НРБ-99/2009).

Значения суммарной бета-активности в аэрозолях атмосферного воздуха не превышали фонового значения в целом по Российской Федерации.

В 2016 году было зафиксировано 2 случая высокого загрязнения по критериям Росгидромета (превышение уровня за предыдущий месяц в 5раз) атмосферного воздуха по суммарной бета-активности: в п. Метлино (16-17 марта) и в п. Новогорный (8-9 сентября). Зафиксированные значения концентраций были разовыми, на следующий день они снизились до

фоновых уровней, что свидетельствует об отсутствии аварийных ситуаций и связано с природно-техногенными флуктуациями.

Значения МЭД гамма-излучения в 2016 году во всех контрольных точках находились на уровне фона для данной местности и варьировали от 10 до 14 микроРентгенов/час (далее именуется – мкР/час). Среднестатистическое значение гамма-фона составило 12 мкР/час, что соответствует уровню многолетних наблюдений и не превышает среднероссийских показателей (9-20 мкР/час).

Случаев экстремально высокого радиоактивного загрязнения (превышение значений контролируемого параметра в 10 и более раз) не наблюдалось.[2]

За февраль 2017г.

Учитывая, что 2017 год объявлен Годом экологии, правительство Челябинской области предлагаю проект по улучшению экологической обстановке.

Челябинский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды - филиал ФГБУ «Уральское УГМС» имеет сеть наблюдения за уровнем радиационного фона по всей территории Челябинской области. Наблюдения осуществляются регулярно, 3-8 раз в течение суток.

По многолетним данным сети наблюдения среднестатистический уровень радиационного фона на территории Челябинской области составляет в среднем 11 мкР/ч. Он обусловлен, в основном, природной составляющей.

Среднемесячные за июль значения гамма-фона в населенных пунктах Челябинской области составили следующие величины:

Челябинск – 13 мкР/ч

Верхний Уфалей – 11 мкР/ч

Нязепетровск – 11 мкР/ч

Касли – 10 мкР/ч

Кыштым – 12 мкР/ч

Златоуст - 12 мкР/ч

Миасс – 10 мкР/ч

Катав-Ивановск – 11 мкР/ч

Южноуральск – 10 мкР/ч

Троицк – 11 мкР/ч

Верхнеуральск – 10 мкР/ч

Магнитогорск – 11 мкР/ч

В целом, в феврале 2017г. радиационная обстановка на территории Челябинской области была стабильная.[3]

Глава 1. Экологические аспекты гамма-излучения в природе.

1.1 Общие понятия «радиации».

Радиация, за этим, красивым на слух словом скрывается опасный вид энергии губительный для всего живого, при этом его никто не видел. Радиация подкрадывается и убивает не заметно, чем же она опасна?

Радиация в переводе с латинского "*сияние*", "*излучение*" – процесс распространения потока элементарных частиц и квантов электромагнитного излучения. Радиация вторгается в молекулы и атомы любого вещества повстречавшегося на её пути, вызывает возбуждение атомов и появление ионов (*ионизацию*), отсюда произошло другое название **ионизирующее излучение**.

Радиация – это естественный фактор окружающей среды, существовавший задолго до появления человечества и существующий на всём протяжении его развития (есть, даже теории что радиации принадлежит не последняя роль в появлении жизни на Земле).

Радиоактивность - самопроизвольные превращения атомных ядер, сопровождающиеся испусканием элементарных частиц или более лёгких ядер. Ядра, подверженные таким превращениям, называют радиоактивными, а процесс превращения – радиоактивным распадом.

Ионизирующее излучение - различные виды микрочастиц и физических полей, способные ионизировать вещество. В более узком смысле к ионизирующему излучению не относят ультрафиолетовое излучение и излучение видимого диапазона света, которое в отдельных случаях, также может быть ионизирующим. Излучение микроволнового и радиодиапазонов не является ионизирующим. Вызывать радиацию с помощью химических реакций нельзя, это полностью физический процесс.

Радиоактивное заражение (радиационное заражение) — загрязнение местности и находящихся на ней объектов радиоактивными веществами.

Единицы радиоактивности - мерой радиоактивности является *активность радионуклида в источнике излучения*. Активность радионуклида в источнике или препарате равна *отношению числа самопроизвольных ядерных превращений (распадов) в этом источнике за малый интервал времени к величине этого интервала* (например, обратной секунде – 1/с).

Рентген (Р, R) - внесистемная единица экспозиционной дозы фотонного (гамма- и рентгеновского) излучений. [4]

1.2 Виды ионизирующего излучения: бета–излучения и гамма-излучения.

Ионизирующее излучение — потоки фотонов, элементарных частиц или осколков деления атомов, способные ионизировать вещество.

К ионизирующему излучению не относят видимый свет и ультрафиолетовое излучение, которых в отдельных случаях могут ионизировать вещество.

Инфракрасное излучение, сантиметрового и радиодиапазонов не является ионизирующим, поскольку их энергии недостаточно для ионизации атомов и молекул в основном состоянии.

Существует пять видов ионизирующего излучения (радиации): альфа-, бета-, гамма-, рентгеновское, нейтронное.

В данной работе были использованы бета- и гамма-излучения.

Бета-излучение

- излучаются: *электроны или позитроны*
- проникающая способность: *средняя*
- облучение от источника: *до 20 м*
- скорость излучения: *300 000 км/с*
- ионизация: *от 40 до 150 пар ионов на 1 см пробега*
- биологическое действие радиации: *среднее*

Бета-излучение возникает при превращении одного элемента в другой, при этом процессы происходят в самом ядре атома вещества с изменением свойств протонов и нейтронов.

При бета-излучении, происходит превращение нейтрона в протон или протона в нейтрон, при этом превращении происходит излучение электрона или позитрона (античастица электрона), в зависимости от вида превращения. Скорость излучаемых элементов приближается к скорости света и примерно равна 300 000 км/с. Излучаемые при этом элементы называются бета частицы.

Имея изначально высокую скорость излучения и малые размеры излучаемых элементов, бета излучение обладает более высокой проникающей способностью, чем альфа излучение, но обладает в сотни раз меньшей способностью ионизировать вещество по сравнению с альфа излучением.

Бета излучение с легкостью проникает сквозь одежду и частично сквозь живые ткани, но при прохождении через более плотные структуры вещества, например, через металл, начинает с ним более интенсивно взаимодействовать и теряет большую часть своей энергии, передавая ее элементам вещества. Металлический лист в несколько миллиметров может полностью остановить бета излучение.

Если альфа излучение представляет опасность только при непосредственном контакте с радиоактивным изотопом, то бета излучение в зависимости от его интенсивности, уже может нанести существенный вред живому организму на расстоянии несколько десятков метров от источника радиации.

Если радиоактивный изотоп, излучающий бета излучение, попадает внутрь живого организма, он накапливается в тканях и органах, оказывая на них энергетическое воздействие, приводя к изменениям в структуре тканей и со временем вызывая существенные повреждения.

Некоторые радиоактивные изотопы с бета-излучением имеют длительный период распада, то есть, попадая в организм, они будут облучать его годами, пока не приведут к перерождению тканей и как следствие к раку.

Гамма-излучение

- излучаются: *энергия в виде фотонов*
- проникающая способность: *высокая*
- облучение от источника: *до сотен метров*
- скорость излучения: *300 000 км/с*
- ионизация: *от 3 до 5 пар ионов на 1 см пробега*
- биологическое действие радиации: *низкое*

Гамма-излучение - это энергетическое электромагнитное излучение в виде фотонов.

Гамма-излучение сопровождает процесс распада атомов вещества и проявляется в виде излучаемой электромагнитной энергии в виде фотонов, высвобождающихся при изменении энергетического состояния ядра атома. Гамма лучи излучаются ядром со скоростью света.

Когда происходит радиоактивный распад атома, то из одних веществ образуются другие. Атом вновь образованных веществ находится в энергетически нестабильном (возбужденном) состоянии. Воздействуя, друг на друга, нейтроны и протоны в ядре приходят к состоянию, когда силы взаимодействия уравниваются, а излишки энергии выбрасываются атомом в виде гамма излучения

Гамма излучение обладает высокой проникающей способностью и с легкостью проникает сквозь одежду, живые ткани, немного сложнее через плотные структуры вещества типа металла. Чтобы остановить, гамма излучение потребуется значительная толщина стали или бетона. Но при этом гамма излучение в сто раз слабее оказывает действие на вещество чем бета излучение и десятки тысяч раз слабее, чем альфа излучение.

Основная опасность гамма излучения - это его способность преодолевать значительные расстояния и оказывать воздействие на живые организмы за несколько сотен метров от источника гамма излучения.[5]

1.3. Воздействие гамма – излучения на окружающую среду.

Радиоактивное загрязнение в биосфере

Проблема искусственной радиоактивности природной среды возникла ещё в 50-х гг. нынешнего столетия в связи с экспериментальными ядерными взрывами в атмосфере. В нашей стране впервые радиогеохимические и радиоэкологические исследования начали проводиться в 1950 г. Изучались поступление искусственных радионуклидов на земную поверхность, поведение их в почвах и растительном покрове разных природных зон. В настоящее время имеются значительные материалы о влиянии радионуклидов на различные компоненты биосферы после аварий на ПО «Маяк».[6]

Радиоактивное загрязнение в почве

Исследования, проведенные после двух указанных аварий, показали, что основное количество радионуклидов, особенно цезия (до 60 – 80%), аккумулируется именно в почвах. Так, на территории Восточно-Уральского радиоактивного следа через 60 лет после аварии во всех типах почв (дерново–подзолистые, серые лесные, черноземно – луговые и др.) основная масса радионуклидов (более 70% от запаса) сосредоточена в верхнем слое (0 – 20см). При этом максимальная миграция радионуклидов, особенно стронция-90, отмечается в черноземно–луговых и болотных почвах, которые отличаются повышенным увлажнением.

Спустя 60 лет после аварии на ПО «Маяк» установлено снижение мощности экспозиционной дозы в среднем на 13 - 15% в результате распада основных радионуклидов и экранирования их лесной подстилкой. Фиксируется также заглубление радиоактивных веществ до 20 см. При этом около 60% радионуклидов содержится в лесной подстилке (особенно

сосняков, березняков), а примерно 30% - в слое почвы до 10 см. наибольший уровень загрязнения лесной растительности цезием-137 отмечается на торфянистых и подзолистых почвах, наименьший – на суглинистых, богатых обменным калием и аммонием. Такие данные нужны для решения важной проблемы реабилитации загрязненных территорий.[7]

Радиоактивное загрязнение в растительном мире

Живые организмы обладают различной радиорезистентностью, т.е. устойчивостью к воздействию ионизирующих излучений. В целом она снижается по мере усложнения органического мира: максимальна у низших организмов (летальная доза для мхов и лишайников 200 – 500 тыс. рад) и минимальная у высших (например, для человека всего 400 рад). Исследования, проведенные после аварии на ПО «Маяк», показали, что наиболее радиочувствительны растения хвойных пород (сосна погибает уже при дозе 600 рад), а устойчивость лиственных деревьев (березе, осине, ива, дуб и др.) в 10-15 раз выше по сравнению с хвойными.

Огромны экономические потери в Уральском регионе после крупной аварии на ПО «Маяк» леса загрязнены на площади 647 тыс. га, в том числе в Челябинской области-244 тыс. га.

Появилось печальное понятие «**рыжий лес**». Это лес, погибший в 30-километровой зоне от ПО «Маяк» вследствие сильного переоблучения (8-10 тыс. рад). Погибшие хвоинки долгое время не опадали, жесткие, высохшие иглы усугубляли зловещий вид «рыжего леса». В нем произошла экологическая катастрофа: гибель сосны пищевой основы всего живого привела к полному разрушению трофической пирамиды. Погибли животные и потеряли корм птицы, пострадали даже устойчивые к радиации муравьи. Такие леса опасны не только высокими дозами радиации, но и мощными лесными пожарами.[8]

Радиоактивное загрязнение в животном мире

Радионуклиды, попадая, в окружающую среду, часто рассеиваются и разбавляются в водах, но они могут различными способами накапливаться в живых организмах при движении по пищевым цепям. В костях окуня и ондатры его содержание возрастает в 3000-4000 раз по сравнению с концентрацией в воде. Это имеет существенные негативные последствия для живых организмов, включая и человека, и биосферы в целом. Установлено, что коэффициент накопления стронция-90 в раковинах моллюсков днепровских водохранилищ относительно воды достигает 4800. Поэтому при оценке воздействия радионуклидов на среду необходимо учитывать эффект биологического накопления их живыми, организмами и последствия для естественных экосистем. Сохраняются некоторые ограничения в употреблении рыбы, мяса птиц (особенно водоплавающих), молока и некоторых других продуктов.[9]

Радиоактивное загрязнение в водные среды

Наибольшему радиоактивному загрязнению подверглись реки. В настоящее время наиболее высокое содержание стронция-90 (от 1,59 до 2,70 Бк/л) наблюдается в водах рек, дренирующих территории с высокой плотностью радиоактивного загрязнения, а также в старицах на территории зоны отселения.

Процесс радионуклидного загрязнения непроточных водоемов происходил, как и для рек, за счет аэрозольного выпадения на водную поверхность и смыва с площадей водосбора. Из-за ограниченного водообмена системы озерного типа к настоящему времени по уровню загрязнения пришли практически в равновесное состояние при выраженных сезонных колебаниях

концентраций радионуклидов в воде и в растительных и животных организмах (биоте).

В озерах радионуклиды преимущественно сосредоточены в донных отложениях и биоте. Накопление радионуклидов в водной растительности с ежегодным ее отмиранием при отсутствии стока приводит к увеличению их аккумуляции в донных отложениях. Это обуславливает сохранение достаточно высокого уровня содержания радионуклидов в компонентах водных систем замкнутого типа. Для озерных водных систем, расположенных в загрязненной зоне и выведенных из антропогенного процесса, проявляется тенденция к их зарастанию за счет неуправляемого роста биоты различных экологических групп. Это способствует в определенной мере процессу очищения воды от цезия-137 и стронция-90 при одновременном возрастании радиоактивности донных отложений.

В результате деятельности ПО "Маяк" до сих пор на пойменных участках вдоль р. Теча регистрируются повышенные уровни мощности экспозиционной дозы гамма-излучения, на отдельных участках превышающие 1000 мкР/ч, и повышенные концентрации ^{137}Cs , ^{90}Sr . [10]

Радиоактивное загрязнение в воздушной среде

Радиоактивные вещества, попадающие в атмосферу при их добыче, и эксплуатации атомных установок и двигателей, могут представлять опасность. Однако при современном уровне защитной техники этот источник радиоактивности незначителен.

Наибольшее загрязнение атмосферы радиоактивными веществами происходит в результате взрывов атомных и водородных бомб. Каждый такой взрыв сопровождается образованием грандиозного облака радиоактивной пыли. Взрывная волна огромной силы распространяет ее частицы во всех направлениях, поднимая их более чем на 30 км. Впервые часы после взрыва осаждаются наиболее крупные частицы, несколько меньшего размера — в течение 5 суток, а мелкодисперсная пыль потоками воздуха переносится на тысячи километров и оседает на поверхности земного шара в течение многих лет.

Пыль долго держится в атмосфере и поглощает значительную часть солнечной радиации. В атмосферу поступает большая масса сотен различных радионуклидов, которые постепенно выпадают на всей поверхности планеты. Расчеты ученых показывают, что даже при локальном применении ядерного оружия образовавшаяся пыль будет задерживать большую часть солнечного излучения. Наступит длительное похолодание («ядерная зима»), которое приведет к гибели всего живого на Земле.

В 1957 г. на ПО «Маяк» в результате теплового взрыва емкости произошел мощный выброс радионуклидов (стронций-90, цезий-137 и др.) с суммарной активностью 2 млн. Ки.

Возник «Восточно-Уральский радиоактивный след» длиной до 110 км (в результате последующей миграции даже до 400 км) и шириной до 35—50 км. Общая площадь загрязненной территории, ограниченной изолинией 0,1 Ки/км² по стронцию-90, составила 23 тыс. км. Около 10 тыс. человек из 19 населенных пунктов в зоне наиболее сильного загрязнения с большой задержкой были эвакуированы и переселены.

Зона радиационного загрязнения на Южном Урале расширилась вследствие ветрового разноса радиоактивных аэрозолей с пересохшей части технологического водоема № 9 ПО «Маяк» (оз. Карачай) в 1967 г.

В настоящее время в этом резервуаре находится около 120 млн. Кюри активности, преимущественно за счет стронция-90 и цезия-137. Под озером сформировалась линза загрязненных подземных вод объемом около 4 млн. м³ и площадью 10 км². Существует опасность проникновения загрязненных вод в другие водоносные горизонты и выноса радионуклидов в речную сеть.[11]

1.4. Кыштымская авария 1957 г. Образование ВУРСа.

Кыштымская авария — первая в СССР радиационная чрезвычайная ситуация техногенного характера,

возникшая 29 сентября 1957 года на химкомбинате «Маяк», расположенном в закрытом городе Челябинск-40 (ныне Озёрск).

Название города в советское время употреблялось только в секретной переписке, поэтому авария и получила название «кыштымской» по ближайшему к Озёрску городу Кыштыму, который был обозначен на картах.

Из - за того что, город Озерск закрытый – власти советских времен засекретили о глобальной аварии. Информация о катастрофе стала доступна населению страны лишь в конце 1980-х годов, то есть спустя 30 лет после случившегося. Причем об истинных масштабах катастрофы стало известно лишь в последние годы.

Производственные отходы хранили в специальных стальных контейнерах, помещенных в резервуары, которые были вкопаны в землю. Все контейнеры были снабжены системой охлаждения, поскольку от радиоактивных элементов постоянно происходило выделение большого количества тепла.

29 сентября 1957 года система охлаждения в одном из резервуаров, служивших хранилищем, вышла из строя. Вероятно, проблемы в работе данной системы можно было обнаружить и раньше, но из-за отсутствия ремонта измерительные приборы порядком износились. Техническое обслуживание такого оборудования оказалось затруднительным из-за необходимости длительного нахождения в зоне высокого уровня радиации. В результате внутри контейнера давление начало возрастать. И в 16:22 (по местному времени) произошел сильный взрыв. Позже выяснилось, что контейнер не был рассчитан на такое давление: сила взрыва в тротиловом эквиваленте составила около 100 тонн.

От комбината «Маяк» ждали именно ядерной аварии в результате сбоя на производстве, поэтому основные профилактические меры были направлены на предотвращение этого типа чрезвычайных происшествий. Никто и представить не мог, что Кыштымская авария, произошедшая в

хранилище радиоактивных отходов, отберет пальму первенства у основного производства и привлечет к себе внимание всего СССР. Итак, в результате проблем с системой охлаждения взорвалась емкость объемом 300 куб. метров, в которой находилось 80 кубометров высокорadioактивных ядерных отходов. В результате в атмосферу было выброшено примерно 20 млн Кюри радиоактивных веществ. Сила взрыва в тротиловом эквиваленте превысила 70 тонн. В результате над предприятием образовалось огромное облако радиоактивной пыли.

Оно начало свой путь от комбината и за 10 часов добралось до Тюменской, Свердловской и Челябинской областей. Площадь поражения была колоссальной – 23 000 кв. км. Все же основную часть радиоактивных элементов ветром не унесло. Они осели непосредственно на территории комбината «Маяк». Все транспортные коммуникации и производственные объекты подверглись воздействию радиации. Причем мощность излучения первые 24 часа после взрыва составляла до 100 рентген в час. Радиоактивные элементы попали и на территорию военной и пожарной частей, а также на лагерь заключенных.

Комплекс реабилитационных мероприятий:

В первые 7-10суток проведена дезактивация территории предприятия и г.Озерска, эвакуация (отселение) жителей 4деревень с общей численностью населения 1383человека: Бердяниш, Сатлыкова, Галикаева, Русская Караболка.

Организован жесткий контроль за уровнями радиоактивного загрязнения сельхозпродукции и продовольствия.

За два года после аварии было изъято 1308т зерна, 240т картофеля, 1040ц мяса, 666ц молока (это 2-3% годовых запасов продовольствия и фуража в хозяйствах зоны ВУРСа).

В 1958году из хозяйственного использования было выведено 59т. га в Челябинской области и 47т. га в Свердловской области. Проведена

плановая эвакуация. На наиболее загрязненных территориях создан Восточно-Уральский государственный заповедник площадью 16616га.

Всего в 1957 – 1960гг. было отселено 23населенных пункта общей численностью 12763человека, в том числе 20населенных пунктов на территории Челябинской области.

На территории, ограниченной изолинией 4Кюри/км²по ⁹⁰Sr, организована санитарно-охранная зона (СОЗ) со специальным ограничительным режимом. На территориях, удаленных от СОЗ на расстояние до 5км, была образована зона наблюдения площадью около 700 км²

На территорию санитарно-охранной зоны в Челябинской области попали водоемы: Урускуль, Бердяниш. Большой и Малый Игиш, Травяное, М.Травяное, Куяныш, Кожаккуль, Алабуга, общей площадью зеркала 3800га.

Для обеспечения безопасности реэвакуированного населения была проведена реорганизация сельского и лесного хозяйства: созданы крупные специализированные совхозы: 4 - в Челябинской области, 3 - в Свердловской области. [12]

Образование ВУРСа

29 сентября 1957 г. в 16:22 из-за выхода из строя системы охлаждения произошёл взрыв ёмкости объёмом 300 м³, где содержалось около 80 м³ высокорadioактивных ядерных отходов. Взрывом, оцениваемым в десятки тонн в тротиловом эквиваленте, ёмкость была разрушена, бетонное перекрытие толщиной 1 м весом 160 т отброшено в сторону, в атмосферу было выброшено около 20 МКи ($7,4 \cdot 10^{17}$ Бк) радиоактивных веществ (¹⁴⁴Ce+¹⁴⁴Pr, ⁹⁵Nb+⁹⁵Zr, ⁹⁰Sr, ¹³⁷Cs, изотопы плутония и др.), из которых примерно 18 МКи выпало на территории ПО «Маяк», а около 2 МКи – за её пределами, образовав Восточно-Уральский радиоактивный след (ВУРС). Непосредственно от взрыва никто не погиб.

Часть радиоактивных веществ была поднята взрывом на высоту 1–2 км и образовала облако, состоящее из жидких и твёрдых аэрозолей. В течение 10–11 часов радиоактивные вещества выпали на протяжении 300–350 км в северо-восточном направлении от места взрыва.

Первая радиационная съёмка территории вблизи аварийного сооружения и в отдалённых точках промышленной площадки ПО «Маяк» была закончена к ночи 30 сентября 1957 г. Результаты оперативных измерений показали, что мощность экспозиционной дозы гамма-излучения на обследованной территории достигает чрезвычайно высоких значений.

В течение 10–20 октября 1957 г. силами ЦЗЛ ПО «Маяк» была проведена первая радиационная съёмка территорий Челябинской, Свердловской, Курганской и Тюменской областей, подвергшихся радиоактивному загрязнению. Съёмка проводилась с использованием радиометров, установленных на автомобилях. Она позволила установить масштабы загрязнения территорий, расположенных в отдалённой от взрыва зоне.

В ноябре – декабре 1957 г. силами ЦЗЛ ПО «Маяк» и Института прикладной геофизики Госкомгидромета СССР было проведено уточнение реальных масштабов радиационного загрязнения на территории от предприятия до г. Каменск-Уральского Свердловской области (105 км) (Хохряков и др., 2002).

Наземные и водные экосистемы территории ВУРСа (озёра Урускуль, Бердениш, Кожаккуль, р. Караболка, болото Бугай и др.) были загрязнены радиоактивными веществами. В головной части следа наблюдалась массовая гибель отдельных звеньев экосистем (сосна, ряд видов травянистых растений, почвенная фауна и др.). Суммарная бета-активность воды достигала в начальный период 1000–10 000 Бк/л; уровни загрязнения почвы в головной части ВУРСа достигали 2000 Ки/км² и выше. Основную роль в долговременном загрязнении наземных и водных систем играет ⁹⁰Sr (Стукалов, Ровный, 2009).

Для предотвращения разноса радионуклидов в 1959 г. решением правительства была образована санитарно-защитная зона на наиболее загрязнённой части радиоактивного следа, где всякая хозяйственная деятельность была запрещена. В 1958 г. территории с плотностью загрязнения стронцием-90 свыше 2 Ки/км² общей площадью около 1000 км² были выведены из хозяйственного оборота. Населённые пункты с этой территории были эвакуированы. Но на границе зоны с плотностью 2 Ки/км² остались несколько населённых пунктов, в том числе Татарская Караболка (около 500 жителей) и Мусакаево (около 100 жителей).

Следует отметить, что жители населённых пунктов, находящихся практически вне следа, использовали в хозяйственных нуждах (заготовка сена, выпас скота) территории, где уровень загрязнения ⁹⁰Sr доходил до значений 100 Ки/км² по состоянию на 1957 г. В результате почвы приусадебных участков подверглись вторичному загрязнению (в качестве удобрения использовался навоз, обогащенный ⁹⁰Sr).[13]

1.5 Экологические аспекты воздействия радиации на человека.

Эффекты воздействия радиации на человека обычно делятся на две категории:

1) Соматические (телесные) - возникающие в организме человека, который подвергался облучению.

2) Генетические - связанные с повреждением генетического аппарата и проявляющиеся в следующем или последующих поколениях: это дети, внуки и более отдаленные потомки человека, подвергшегося облучению.

Различают пороговые (детерминированные) и стохастические эффекты. Первые возникают, когда число клеток, погибших в результате облучения, потерявших способность воспроизводства или нормального функционирования, достигает критического значения, при котором заметно нарушаются функции пораженных органов

Хроническое облучение слабее действует на живой организм по сравнению с однократным облучением в той же дозе, что связано с

постоянно идущими процессами восстановления радиационных повреждений. Считается, что примерно 90% радиационных повреждений восстанавливается.

Стохастические (вероятностные) эффекты, такие как злокачественные новообразования, генетические нарушения, могут возникать при любых дозах облучения. С увеличением дозы повышается не тяжесть этих эффектов, а вероятность (риск) их появления. Для количественной оценки частоты возможных стохастических эффектов принята консервативная гипотеза о линейной беспороговой зависимости вероятности отдаленных последствий от дозы облучения с коэффициентом риска около $7 \cdot 10^{-2} / \text{Зв}$.

Радионуклиды накапливаются в органах неравномерно. В процессе обмена веществ в организме человека они замещают атомы стабильных элементов в различных структурах клеток, биологически активных соединениях, что приводит к высоким локальным дозам. При распаде радионуклида образуются изотопы химических элементов, принадлежащие соседним группам периодической системы, что может привести к разрыву химических связей и перестройке молекул. Эффект радиационного воздействия может проявиться совсем не в том месте, которое подвергалось облучению. Превышение дозы радиации может привести к угнетению иммунной системы организма и сделать его восприимчивым к различным заболеваниям. При облучении повышается также вероятность появления злокачественных опухолей.

Организм при поступлении продуктов ядерного деления подвергается длительному, убывающему по интенсивности, облучению.

Наиболее интенсивно облучаются органы, через которые поступили радионуклиды в организм (органы дыхания и пищеварения), а также щитовидная железа и печень. Дозы, поглощенные в них, на 1-3 порядка выше, чем в других органах и тканях. По способности концентрировать всосавшиеся продукты деления основные органы можно расположить в следующий ряд:

щитовидная железа > печень > скелет > мышцы.

Так, в щитовидной железе накапливается до 30% всосавшихся продуктов деления, преимущественно радиоизотопов йода.

По концентрации радионуклидов на втором месте после щитовидной железы находится печень. Доза облучения, полученная этим органом, преимущественно обусловлена радионуклидами ^{99}Mo , ^{132}Te , ^{131}I , ^{132}I , ^{140}Ba , ^{140}La .

Среди техногенных радионуклидов особого внимания заслуживают изотопы йода. Они обладают высокой химической активностью, способны интенсивно включаться в биологический круговорот и мигрировать по биологическим цепям, одним из звеньев которых может быть человек. Основным начальным звеном многих пищевых цепей является загрязнение поверхности почвы и растений. Продукты питания животного происхождения - один из основных источников попадания радионуклидов к человеку. Исследования, охватившие примерно 100000 человек, переживших атомные бомбардировки Хиросимы и Нагасаки, показывают, что рак - наиболее серьезное последствие облучения человека при малых дозах. Первыми среди раковых заболеваний, поражающих население, стоят лейкозы.

Распространенными видами рака под действием радиации являются рак молочной железы и рак щитовидной железы. Обе эти разновидности рака излечимы и оценки ООН показывают, что в случае рака щитовидной железы летальный исход наблюдается у одного человека из тысячи, облученных при индивидуальной поглощенной дозе один Грей.

Данные по генетическим последствиям облучения весьма неопределенны. Ионизирующее излучение может порождать жизнеспособные клетки, которые будут передавать то или иное изменение из поколения в поколение. Однако анализ этот затруднен, так как

примерно 10% всех новорожденных имеют те или иные генетические дефекты и трудно выделить случаи, обусловленные действием радиации. Экспертные оценки показывают, что хроническое облучение при дозе 1 Грей, полученной в течение 30 лет, приводит к появлению около 2000 случаев генетических заболеваний на каждый миллион новорожденных среди детей тех, кто подвергался облучению.

В последние десятилетия процессы взаимодействия ионизирующих излучений с тканями человеческого организма были детально исследованы. В результате выработаны нормы радиационной безопасности, отражающие действительную роль ионизирующих излучений с точки зрения их вреда для здоровья человека. При этом необходимо помнить, что норматив всегда является результатом компромисса между риском и выгодой.[14]

Техногенное облучение населения

В настоящее время техногенное облучение населения Челябинской области складывается из нескольких составляющих:

- стратосферных выпадений искусственных радионуклидов;
- последствий радиационных аварий прошлых лет на ПО «Маяк» (1957, 1967 годы) и сбросов жидких радиоактивных отходов в р. Теча (1949-1956 годы);

деятельности объектов, имеющих сброс и выброс искусственных радионуклидов во внешнюю среду.

На 01.01.2016 г. на территории Челябинской области зарегистрировано 499 объектов, использующих в своей деятельности источники ионизирующего излучения (далее именуется – ИИИ), в том числе 4 объекта, подведомственных Государственной корпорации «Росатом». Общая численность персонала группы А (работающие с техногенными ИИИ) и персонала группы Б (находящиеся по условиям работы в сфере воздействия техногенных ИИИ) составила 15652 (в 2012 году – 15137 человек). Измерение эффективных доз облучения

персонала группы А проводится методом термолюминесцентной дозиметрии (далее именуется – ТЛД), что обеспечивает высокую достоверность полученных значений доз. Охват персонала группы А методом ТЛД в 2013 году, как и в 2012 году, составил 100%. Средняя годовая эффективная доза для персонала группы А в 2013 году составила 1,61 мЗв (в 2012 году – 1,96 мЗв).

В 2016 году по заказу Министерства по радиационной и экологической безопасности Челябинской области оформлены радиационно-гигиенические паспорта территорий Красноармейского, Кунашакского муниципальных районов, Трехгорного городского округа. В рамках выполнения указанных работ проведена оценка текущих суммарных доз облучения населения.

Также в 2016 году ФГУН Санкт-Петербургский НИИ радиационной гигиены им. профессора П.В. Рамзаева на территории Челябинской области проведены работы по радиационно-гигиеническому обследованию населенных пунктов Челябинской области, подвергшихся радиоактивному загрязнению вследствие аварий на ПО «Маяк и сбросов радиоактивных отходов в р. Теча, с оценкой текущих доз техногенного облучения населения.

Кроме того, оценка доз проводилась в рамках радиационно-гигиенической паспортизации области. Радиационно-гигиенический паспорт (далее именуется – РГП) Челябинской области является основным документом, характеризующим радиационную безопасность территории. Ежегодно, в соответствии с Федеральным законом «О радиационной безопасности населения», Законом Челябинской области «О радиационной безопасности населения Челябинской области», постановлением Правительства Российской Федерации от 28.01.1997г. № 93 «О Порядке разработки радиационно-гигиенических паспортов организаций и территорий», проводится комплексная оценка радиационного воздействия

на население области всех ИИИ и оформляется РГП территории Челябинской области за отчетный год.

В рамках выполнения указанных работ проводились:

измерение альфа-, бета-, гамма-полей в реперных точках, организованных на целинных участках в населенных пунктах;

- отбор проб почвы и растительности в реперных точках;

- отбор проб продуктов питания (молока, картофеля и т.д.) местного производства;

- отбор проб питьевой воды.

В 2016 году проведены радиохимические исследования 554 проб продовольственного сырья и пищевых продуктов на содержание ^{137}Cs и ^{90}Sr (в 2012 году – 395 проб), из них 453 пробы – на территориях, пострадавших в результате аварий на ПО «Маяк». Превышений радиационно-гигиенических регламентов по содержанию техногенных радионуклидов (^{137}Cs и ^{90}Sr) в продуктах питания не выявлено.

На основе обработки результатов указанных параметров были оценены годовые индивидуальные и коллективные дозы жителей для каждого населенного пункта.

В 2013 году значение средней индивидуальной эффективной дозы техногенного облучения населения, проживающего на территориях, пострадавших в результате аварий на ПО «Маяк» (1957, 1967 годы), составила 0,172 мЗв; для населения, проживающего на р. Теча, загрязненной в результате сбросов жидких радиоактивных отходов ПО «Маяк» – 0,152 мЗв. Следует отметить, что во всех населённых пунктах, обследованных в 2013 году, значение средней индивидуальной эффективной дозы техногенного облучения для населения не превысило регламент, установленный НРБ-99/2009 (1 мЗв/год).

В 2016 году средняя эффективная доза техногенного облучения для одного жителя Челябинской области составила 0,007 мЗв, что на уровне

многолетних наблюдений и не превышает среднероссийский показатель (в 2011-2012 годы также 0,007 мЗв/год) .[15]

Природное облучение населения

Природное облучение населения Челябинской области вносит наибольший вклад в суммарное облучение населения. Это объясняется тем, что в Челябинской области существуют аномалии природной радиоактивной минерализации литосферы и гидросферы, что обуславливает повышенное содержание природных радионуклидов в воздухе помещений и в воде подземных источников питьевого водоснабжения на отдельных территориях области.

Согласно отчету Зеленогорского государственного геологического предприятия территория Челябинской области является неблагоприятной по содержанию в литосфере урана и тория и, соответственно, радона и торона. Общее число скоплений естественных радионуклидов на территории Челябинской области составляет 2 450, размер выявленных скоплений варьирует от точечных до площадных. Распределены они на территории области преимущественно в центральной части и простираются с севера на юг области. Наиболее значимые для формирования доз внешнего облучения населения аномалии высокой радиоактивной минерализацией коренных пород: Аяцкое, Борисовское и Анненское.

По рейтингу радонового потенциала выделяются следующие геологические провинции: Вишневогорская-Ильменогорская, Юго-Коневская, Челябинско-Джабыкская и Кацбахско-Суукдинская.

Контроль качества питьевой воды проводится по предварительной оценке удельной суммарной альфа- и бета-активностей и содержания радона в воде. В 2014 году зарегистрировано 282 пробы воды (46,7 % от числа исследованных), в которых превышен регламент по суммарной альфа-активности (в 2014 году – 40 % от числа исследованных), и 6 проб с превышением регламента по удельной суммарной бета-активности (в 2014

году – 11 проб). Превышение регламента по содержанию радона выявлено в 230 пробах воды (43 % от числа исследованных), в 2014 году – в 207 пробах воды (53 % от числа исследованных).

В 2015 году проведены исследования 324 проб строительных материалов и минерального сырья. Средняя удельная эффективная активность природных радионуклидов составила 127 Бк/кг. Максимальная удельная эффективная активность природных радионуклидов составила 715 Бк/кг (2 класс стройматериалов, использование в дорожном строительстве и при строительстве производственных сооружений).

Среднегодовая эффективная доза облучения от природных источников излучения (не нормируется) на одного жителя Челябинской области в 2016 году составила 3,514 мЗв/год (в 2014 году – 4,71 мЗв/год), что выше среднероссийского показателя (3,34 мЗв/год). Ведущим фактором облучения населения от природных источников является радон в воздухе помещений, на долю которого приходится до 53 % от суммарной коллективной эффективной дозы облучения населения от всех природных источников радиоактивного воздействия.[16]

Глава 2. Результаты контроля гамма- излучения в природных объектах в исследованной территории.

2.1 Объект исследования – г. Кыштым.

Город Кыштым расположен на Южном Урале, на реке Кыштым, в 90 км от Челябинска. В 5 км от города расположено озеро Большая Акуля. Город окружен лесами и озёрами, на его территории и вокруг более 30 озёр. В непосредственной близости от города находятся природные памятники: Сугомакская пещера, гора Сугомак, озеро Сугомак, составляющие Сугомакский территориально-природный комплекс.

В 1755 году по указу Берг-коллегии Никита Демидов заложил на реке Кыштымке два завода: чугуноплавильный и железоделательный. Продукция заводов с демидовской маркой “Русский соболь” отличалась высоким качеством и получила всемирную известность. Сегодня эстафету трудовой славы приняли лидеры российской цветной металлургии специалисты Кыштымского медеэлектrolитного завода.

Город Кыштым является центром одного из старейших горнозаводских районов Урала, расположенного к северо-западу от Челябинска среди многочисленных озер, в окружении сосновых и березовых лесов. Кыштым был центром дореволюционного горнозаводского округа, здесь располагались железоделательный завод, а затем и медеэлектrolитный завод. До наших дней сохранилось великолепное здание горнозаводского начальника – «Белый дом» (проект реставрации которого получил международную премию), сохранился Народный дом, старые церкви.

Территория исследования была выбрана не случайно. Зона города Кыштым была подвержена атмосферному загрязнению со стороны ПО «Маяк» 29 сентября 1957 года.

Город Кыштым, находящийся вблизи ПО «Маяк», открытый город, где можно проверить уровень радиационного загрязнения. Поэтому исследования проводились именно там.

В данной работе определяется динамика гамма-радиоактивности с января 2016 г. по март 2017г., чтобы узнать классы опасного и безопасного загрязнения[17].

2.2 Методы измерения гамма-излучения

Для оценки пространственного распределения гамма-радиоактивности в городе Кыштыме были взяты три базовых метода:

2.2.1. Дозиметрический метод

Чтобы измерить ионизирующее излучение, было создано множество различных приборов и установок, которые разделяются на три основных типа:

1. Радиометры - для измерения плотности потока ионизирующего излучения и активности радионуклидов.
2. Спектрометры - для анализа образцов каких-либо материалов, источников ионизирующего излучения.
3. Дозиметры - для измерения доз, мощностей доз и интенсивности ионизирующего излучения.

Так же у каждого прибора есть классификация (для разных видов излучения, поиска радиации и оценки фона). Имеются индикаторные приборы, предназначенные только для получения ответа на вопрос, есть или нет излучение в данном месте, часто работающие по принципу "больше - меньше".

Но, к сожалению, мало выпускается приборов, относящихся к классу дозиметров, то есть таких, которые специально предназначены для измерения дозы или мощности дозы.

Ещё меньше дозиметров универсальных, с помощью которых можно измерять разные виды излучений - альфа-, бета-, гамма.

Приборы – дозиметры определяют:

- показатели дозы излучения;
- мощности дозы рентгеновского, гамма-, нейтронного излучения;
- измерение мощности потока альфа-, бета- и гамма-частиц;
- уровень загрязнения радионуклидами в рабочих местах, зоне наблюдения;
- уровень радиоактивного загрязнения объектов окружающей среды.

Для дозиметрического контроля выделяют три основных типа:

- текущий;
- оперативный;
- аварийный.

В данной работе использовался дозиметр «МКС-05 Терра», которые измерял уровень гамма-фон в природных объектах, задача которого проверка текущего контроля над окружающей средой в чертах города [18].

2.2.2. Метод пространственной интерполяции. Простой Кригинг.

Пространственная интерполяция – это произведение вычислительных операций над геоданными с целью извлечения из них дополнительной информации.

Интерполяция — вычисление промежуточных значений какой-либо величины по некоторым известным ее значениям. Интерполяция используется во многих прикладных направлениях наук о Земле. В метеорологии интерполируются данные наблюдений метеостанций для получения карт погоды на большие территории, интерполируются данные океанологических и гидрологических измерений, строятся поля концентраций веществ в различных средах и др. В геологии интерполяция применяется для построения двумерных и трехмерных моделей подземных массивов по данным точечных скважин.

Задачей пространственной интерполяции является построение на основе сети исходных точек сплошной поверхности с заданным размером шага сетки узлов рассчитываются. В зависимости от требуемой пространственной точности выбирается разный шаг (например, участок

размером 10×10 км может быть интерполированные с шагом 100 м (100×100 узлов сетки) или с шагом 10 м (1000×1000 узлов) На основании числовых значений точек данных рассчитывается значение для каждого узла сети, что интерполируется. Обычно процедура интерполяции выполняется для области прямоугольной формы — растра.[19]

Группа методов интерполяции, в основе которых лежит использование семивариограммы, объединена под общим названием кригинг по имени одного из авторов этого метода - Д.Г. Крига. Эти методы описаны в работах Матерона, Вебстера и Бургесса и др.

Кригинг может быть точечным и блочным. Точечный кригинг позволяет оценить значение изучаемой величины в искомой точке. Блочный кригинг оценивает значение свойства на некоторой искомой площади. Современные пакеты программ, позволяющие проводить процедуру кригинга, используют блочный кригинг. Получаемые в процессе интерполяции значения приписываются ячейкам сетки (grid). Размеры ячеек могут быть заданы пользователем.

Впервые этот метод был разработан южно-африканским инженером Дэни Криг, в честь назван один из основных методов геостатистического оценивания — кригинг.

Группа методов интерполяции состоит из геостатистических методов, таких как кригинг, которые основываются на статистических моделях, включающих анализ автокорреляции (статистических отношений между измеренными точками). В результате этого геостатистические методы не только имеют возможность создавать поверхность прогнозируемых значений, а также предоставляют некоторые измерения достоверности или точности прогнозируемых значений.

При кригинге предполагается, что расстояние или направление между опорными точками отражает пространственную корреляцию, которая может использоваться для объяснения изменения на поверхности.

Кригинг - пошаговый процесс; он включает поисковый статистический анализ данных, моделирование вариограммы, создание поверхности и (дополнительно) изучение поверхности дисперсии. Кригинг лучше всего подходит, если вы знаете, что есть пространственно коррелированное расстояние или направленное смещение в данных. Он обычно используется в почвоведении и геологии.

Простой кригинг - наиболее общий и широко используемый из методов кригинга, он используется по умолчанию. Предполагается, что среднее значение константы не известно. Это предположение имеет смысл, пока нет научного основания отклонить его [20].

2.3 Результаты исследования уровня загрязнения гамма-фон в почве.

Уровни загрязнения почвы в целом соответствует загрязнению ареалов.

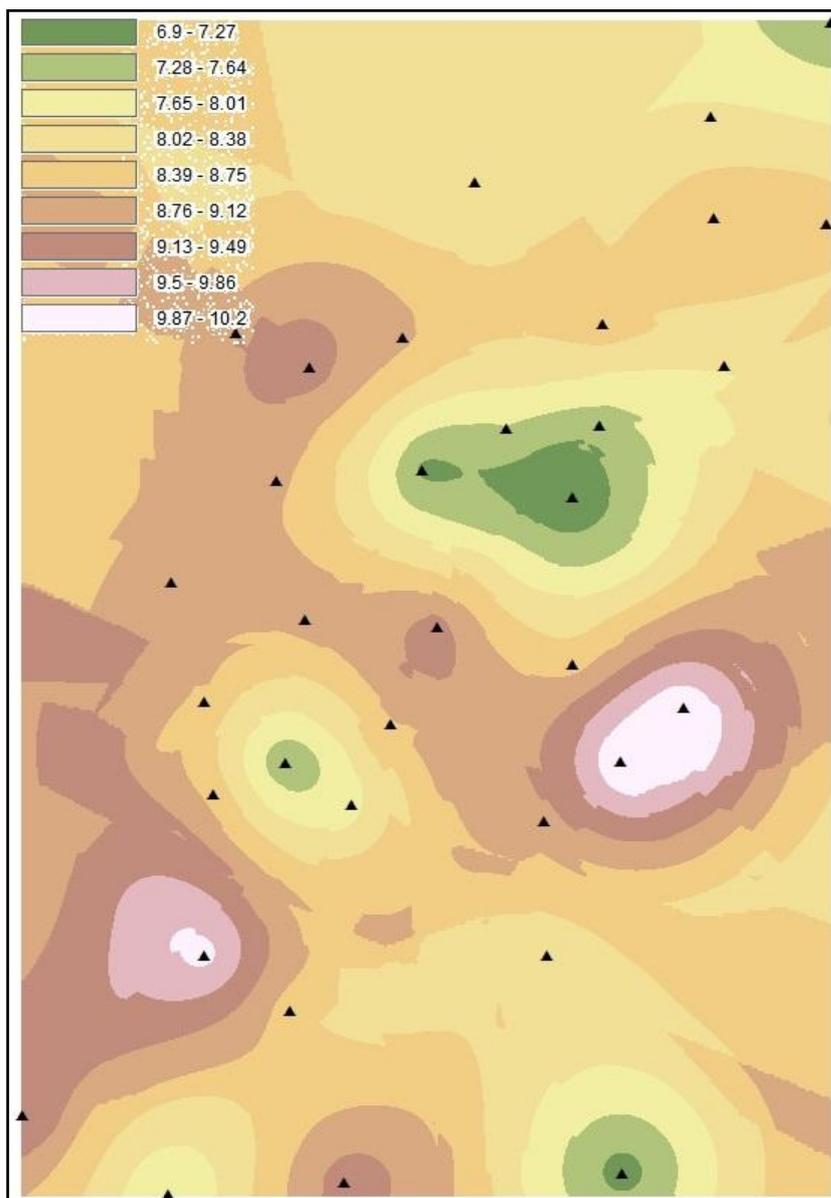


Рис.1. Карта города Кыштыма (выполненная по методу Крининг) с результатами загрязнения почвы Cs^{137} , мкР/ч.

Классификация класса опасности радиоактивного загрязнения:

1. белый цвет – чрезвычайно критический класс опасности (9,82 – 10,2 мкР/ч)
2. розовый цвет – высоко критический класс опасности (9,5 – 9,8 мкР/ч)
3. темно-коричневый цвет – критический класс опасности (9,13 – 9,4 мкР/ч)
4. коричневый цвет – высокий класс опасности (8,76 – 9,12 мкР/ч)
5. оранжевый цвет – умеренно опасный класс (8,39-8,75 мкР/ч)
6. Светло-оранжевый и желтый цвет – малоопасный класс (8,38 – 7,65 мкР/ч)
7. Светло – и темно-зеленый цвет – практически неопасный класс (7,5 – 6,9 мкР/ч).

В автоморфных почвах различия ^{137}Cs и ^{90}Sr , зависящие от характера загрязнения, плотности загрязнения и типа почвы, наблюдаются только до глубине 20 см.

Распределение активности ^{137}Cs и ^{90}Sr в наибольшей степени сходно с полимодальным, отдельные пики, по – видимому, связаны с разными режимами загрязнения, а так же миграции радионуклидов. Для точного статистического анализа необходимо дальнейшие исследование.

В большинстве случаев активность ^{137}Cs и ^{90}Sr к $A_{эф}$ среднее или равны 1. То есть активность техногенных радионуклидов не превышает активность природных.

Наиболее высокий уровень гамма-фон – в точках 5 и 6 (на улице Пролетарская и постройки гаражного корпоратива) и точке 23 (садовой

корпоратива Ближняя дача). В этих местах большое накопление ^{137}Cs и ^{90}Sr , связано вертикальной миграцией и горизонтальной миграцией.

В поврежденных участках нарушен, режим существования почвенно-растительного комплекса. Рекомендуется провести вспашку почвы, уменьшится вертикальная миграция.

В связи с небольшими пожарами на садовых участках и деятельности человека (транспорт) и способностью растений аккумулировать радионуклиды увеличения горизонтальной миграции.

Таким образом, плотность миграции радионуклидов уменьшается, но площадь радиационного загрязнения увеличивается.

2.4. Результаты исследования уровня загрязнения гамма-фон в водных объектах.

В городе имеются поверхностные водные объекты, загрязненные техногенными радионуклидами вследствие аварий на производственном объединении «Маяк», а также в результате длительного сброса радиоактивных отходов в поверхностные водоемы.

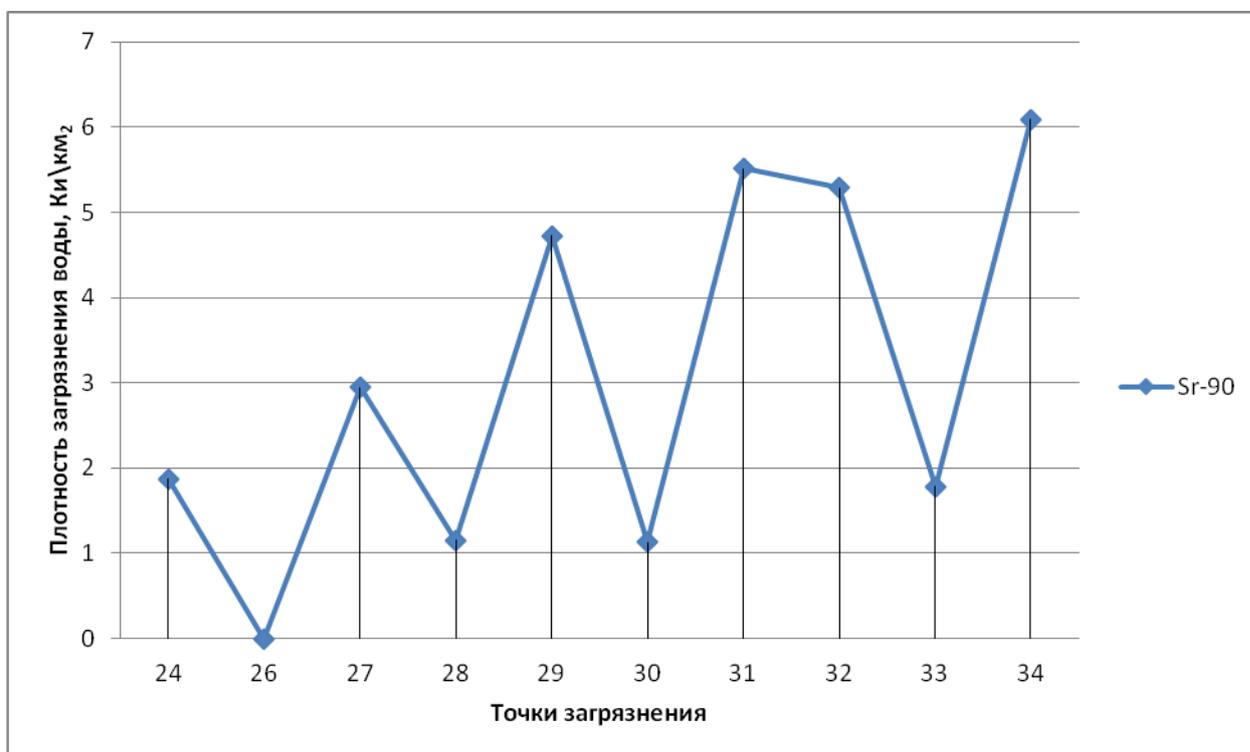


Рис.2. Плотность загрязнения воды радионуклидами Sr^{90} , Ки/км².

Активность ^{90}Sr , в воде как правило увеличивалась в годы с наибольшим количеством осадков. Это объясняется тем, что во влажные годы в водоемах ТКВ приводил к увеличению фильтрации радионуклидов в обводненные каналы, и это увеличение не было скомпенсировано разбавлением менее загрязненной водой.



Рис. 3 Плотность загрязнения воды радионуклидами Cs^{137} , $\text{Ки}/\text{км}^2$.

Источник загрязнения водных объектов ^{137}Cs – половодье реки Теча в марте 2016 года, радионуклиды из реки Теча из-за большой скорости течения и по направлению реки попали в водные объекты в городе. В результате горизонтальной миграции водоемы города были подвержены высокому уровню гамма-фон.

На данный момент плотность загрязнения ^{137}Cs и ^{90}Sr в водных объектах не превышает уровень ПДУ.

2.5. Результаты исследования уровня загрязнения гамма-фон от радионуклидов в воздухе.

При соответствующих погодных условиях присутствующие в воздухе радиоактивные аэрозоли, подобно другим пылевыми частицам, служат ядрами конденсации водяного пара и выпадают затем с дождем или снегом. Таким образом, радиоактивные осадки выпадают как дождевые осадки. Поэтому для определения радиоактивного заряжения необходимо

провести анализ пробы выпавших осадков. По полученным данным в Челябинском главном управление лесов, построены графики активности, плотности загрязнения и МЭД.



Рис.4. Средняя активность радионуклида Sr^{90} в воздушной среде г.Кыштым, Бк/м².

Выбросы промышленных отходов в атмосферу, с помощью ветра мигрируют в данные участки. Рассматривая розу ветров, господствующий ветер северо-западный, в следствие выбросы на предприятии «Маяк» идут в исследованную территорию.



Рис.5. Плотность загрязнения радионуклидами Cs^{137} и Sr^{90} в воздухе, Ки/км².

С ветром приходят не только выбросы, но радиоактивные вещества, т.е. горизонтальная миграция радионуклидов. Антропогенное воздействие так же связаны с отходами автомобильных выбросов, они осаждают в стратосфере и при круговороте воды радиоактивные отходы приносятся в данные участки.

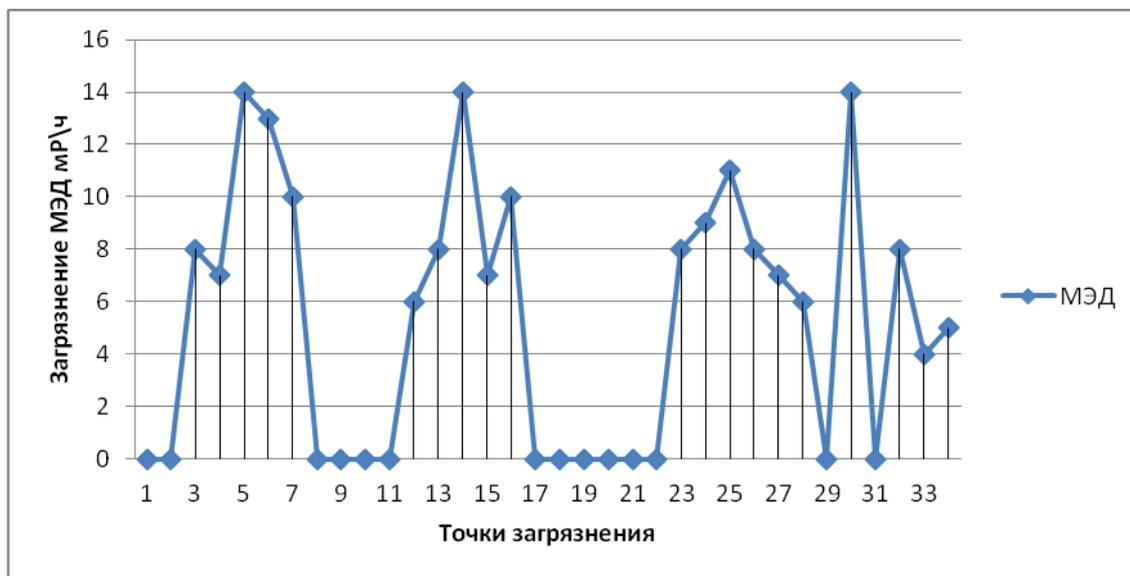


Рис.6. Показатели МЭД в воздушной среде, мР\ч.

В итоге исследования, загрязнение радионуклидов Cs^{137} и Sr^{90} в данной территории – это результат вертикальной и горизонтальной миграция. При выбросе радиоактивных осадков, которые накапливаются в стратосфере через 6 часов, выпадают радиоактивные осадки на поверхности земли, т.е. в почву и поверхностные воды. Из-за ветра идет перенос (миграция) радионуклидов в природные объекты. При жаре испаряется вода с радиоактивными веществами в атмосферу. Нельзя исключать деятельность человека на уровень загрязнения. Вследствие чего гамма-фон превышает ПДУ.

2.6. Динамика гамма-радиоактивности на природные объекты города Кыштым.

Наблюдения за радиоактивным загрязнением на территории города Кыштым осуществлялся с января-месяца 2016 года по март 2017 год, путем дозиметрических измерений наибольшая плотность гамма-радиоактивности фиксировалось в марте 2016 года. Измерения показали,

что плотность гамма-излучения превышает ПДУ из-за половодья и разлива реки Теча. Вследствие накопления радио нуклидов Кыштымской аварии 1957 года влияют на радиационный фон. Выявлено гамма-радиоактивность изменялось за данный период времени вследствие атмосферных выбросов и антропогенной нагрузки (транспорт, лесные и антропогенные пожары, выбросы в водные объекты). Естественный фон, который составляет – 12мкР/ч воздействует на природные объекты окружающей среды.

Январь 2016 год.

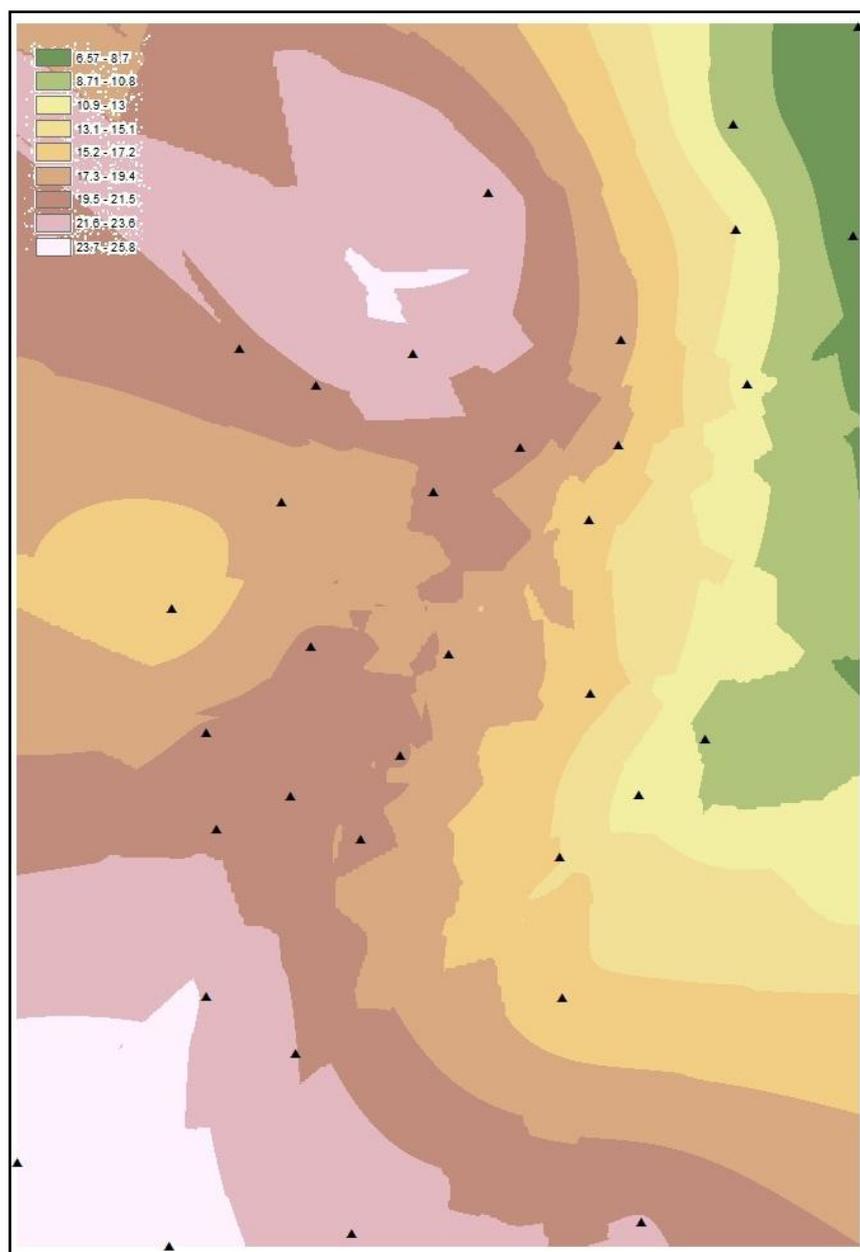


Рис.7. Экологическая обстановка города Кыштым за январь 2016г, мкР\ч.

Гамма-радиоактивность в этом месяце в среднем составляет 16мкР/ч. Поток гамма-частиц распределен по всей территории города Кыштым. Критические участки гамма-излучения в водных объектах. Измерения проводились через сутки после атмосферных выбросов на ПО «Маяк». Данная территория охвачена розовым цветом. Это говорит о том, что радионуклиды накопились в городских чертах. В почве радиоактивные вещества подвержены вертикальной миграции. Это связано с выхлопами автомобильных транспортов. Безопасной зоной на карте указывают светло-зеленые и темно-зеленые цвета. Территориально – это постройки района «новый Кыштым», гаражные корпоративы и территории города серо-западного направления.

Март 2016 год.

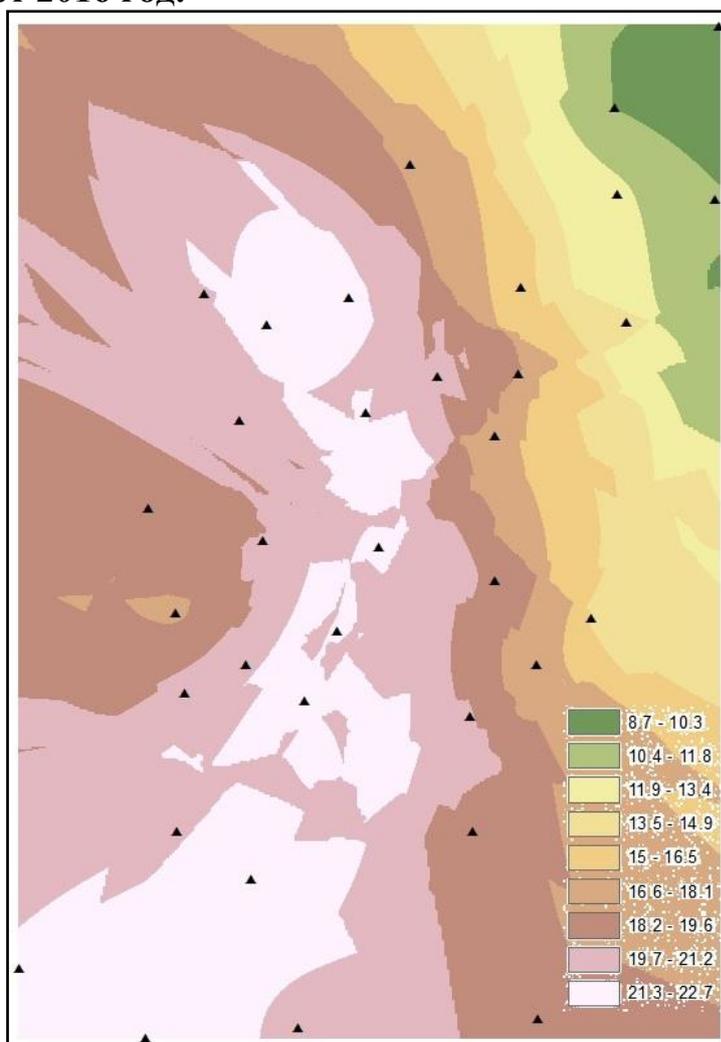


Рис.8. Экологическая обстановка города Кыштым за март 2016г, мкР\ч.

Наиболее загрязненный гамма-радиоактивностью подвергся март-месяц. В зависимости от предыдущего месяца снежный покров почти отсутствует. Причины загрязнения гамма-радиоактивностью:

- половодье и разлив реки Теча горизонтальная миграция радионуклидов в водные объекты;

- схождение льда подействовало на накопленные радионуклиды из-за аварии на ПО «Маяк» 1957года;

- исследования проводились в конце марта на начало апреля большое количество радиоактивных осадков;

- постройки из гранита, находящиеся вблизи озера Плеса, влияют на повышенный уровень фона.

Половодье реки Теча, вследствие быстрого течения реки по направлению города (направление реки восточно-южное) играет большую роль в динамике загрязнения города.

Горизонтальная миграция радионуклидов оставил след не только в поверхностной воде, и на расстоянии двух километров от воды на территории города. В результате чего в марте-месяце было зафиксировано не высокая степень воздействия на живые организмы.

Безопасная зона северо-западные территории города. Гамма-радиоактивность в марте-месяце составляет 20мкР/ч.

Август 2016 год.

К концу лета 2016 года гамма-радиоактивность составляла 17мкР/ч. Это связано с жарким летом с минимальными дождевыми выпадениями осадков с выбросами отходов в атмосферу и выхлопами автомобильного транспорта (много проезжающих на базу Увильды).

Критическая зона подверглась на юго-востоке территории. Это связано с накоплением радионуклидов на территории, то есть с переносом ветра раннее подвергающихся участков радионуклидами.

Зоны безопасности увеличиваются за счет господствующего ветра. Впервые река Кыштым не подверглась повышенному фону. Уровень гамма-активности не превышает ПДУ.

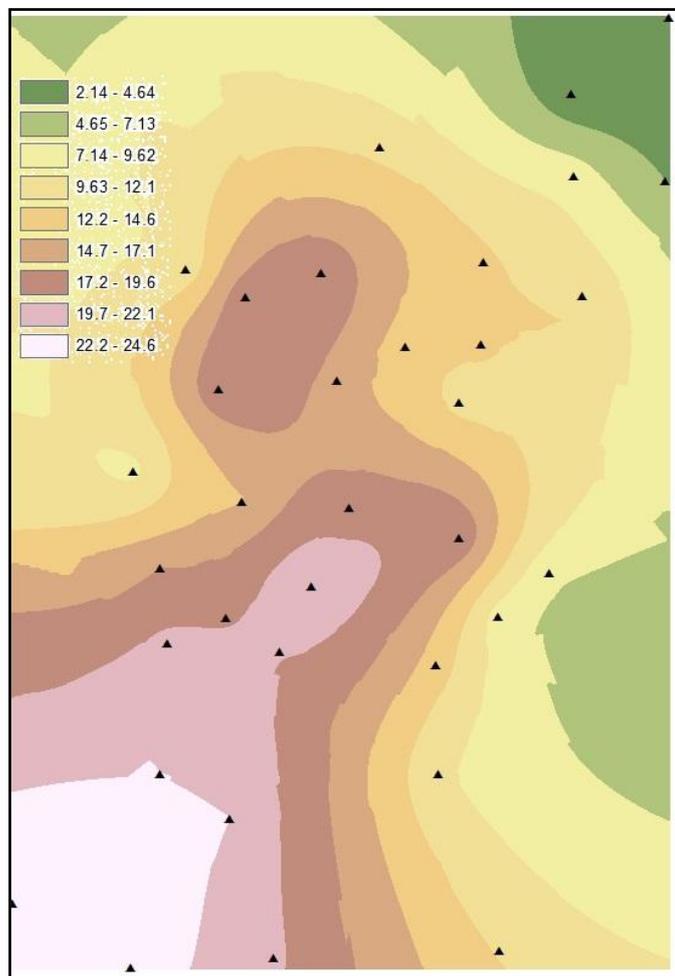


Рис. 9. Экологическая обстановка города Кыштым за август 2016 г, мкР\ч.

Ноябрь 2016 год.

В третьем месяце осени проводились последние исследования за 2016 год, в результате чего участок, находящийся по северо-восточному направлению подвергся гамма-излучению. Связано с режимом питания реки Теча, с частыми выпадениями осадков (снег, дождь), атмосферными выбросами.

Наглядно предоставлена критическая зона в районе Дальняя дача. Это так же связано с частыми выпадениями осадков и с господствующим ветром, которые выбросы с предприятий.

Благодаря дождевым осадкам в городских чертах гамма-радиоактивность уменьшилась. Миграция радионуклидов была минимальной, в результате безопасная зона увеличивается до центра города. В уходящем году динамика гамма-радиоактивности составляет 15мкР/ч.

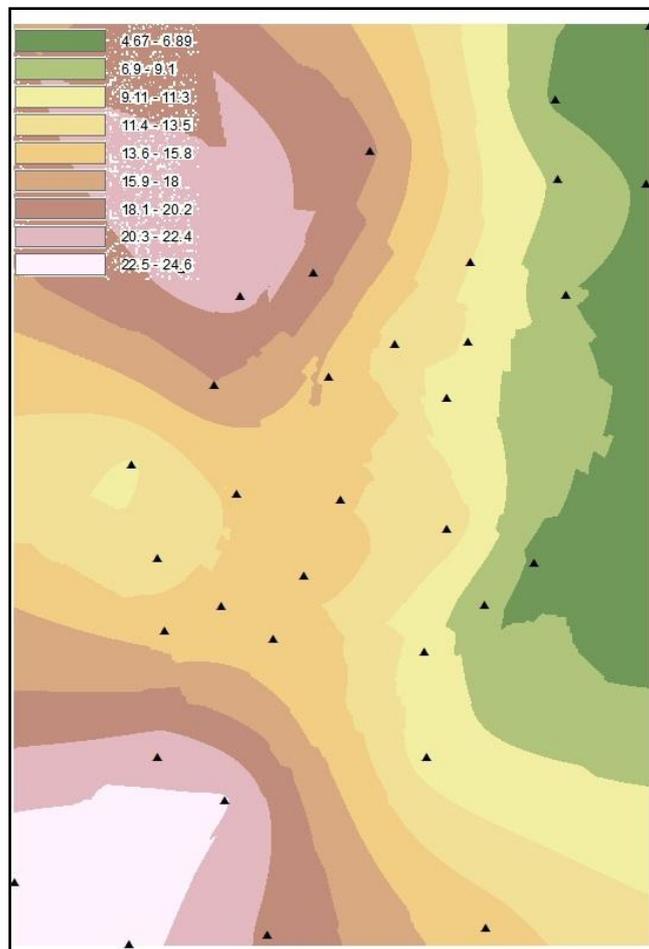


Рис.10.Экологическая обстановка города Кыштым за ноябрь 2016г,мкР\ч.

Вывод за 2016 год:

За 4 месяца исследований уровень гамма-излучения был повышен. Пространственное распределение радиационного фона не равномерно. Повышенное количество радиации в водных объектах

Январь 2017 год.

На графике показана зависимость распределения радионуклидов за январь 2016 и 2017гг.



Рис.11.График уровня гамма-радиоактивности в мкР/ч по 33 точкам за январь 2016 и 2017 гг.

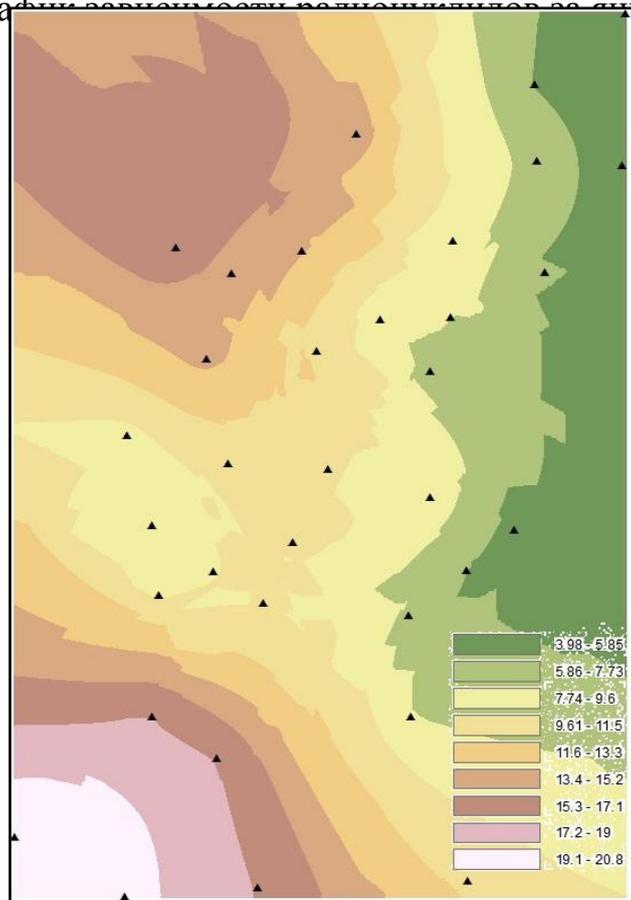


Рис.11. Экологическая обстановка города Кыштым за январь 2017г,мкР\ч.

В начале 2017 года экологическая ситуация города Кыштым не соответствует экологической обстановке 2016 года. Наглядно показано, что уровень гамма-радиоактивности составляет 12мкР/ч.

Поверженные участки – юго-восток и северо-восток в связи с накоплением поглощенной дозы радионуклидов. Из-за снежного покрова

показатели гамма-излучения были минимальными, поэтому безопасная зона увеличивается до озера Плесо.

Февраль 2017 год.

В связи с сильными холодами и с частыми выпадениями осадков (снег), гамма-радиоактивность не превышает уровня ПДУ. Радиационный фон составляет 8мкР/ч.

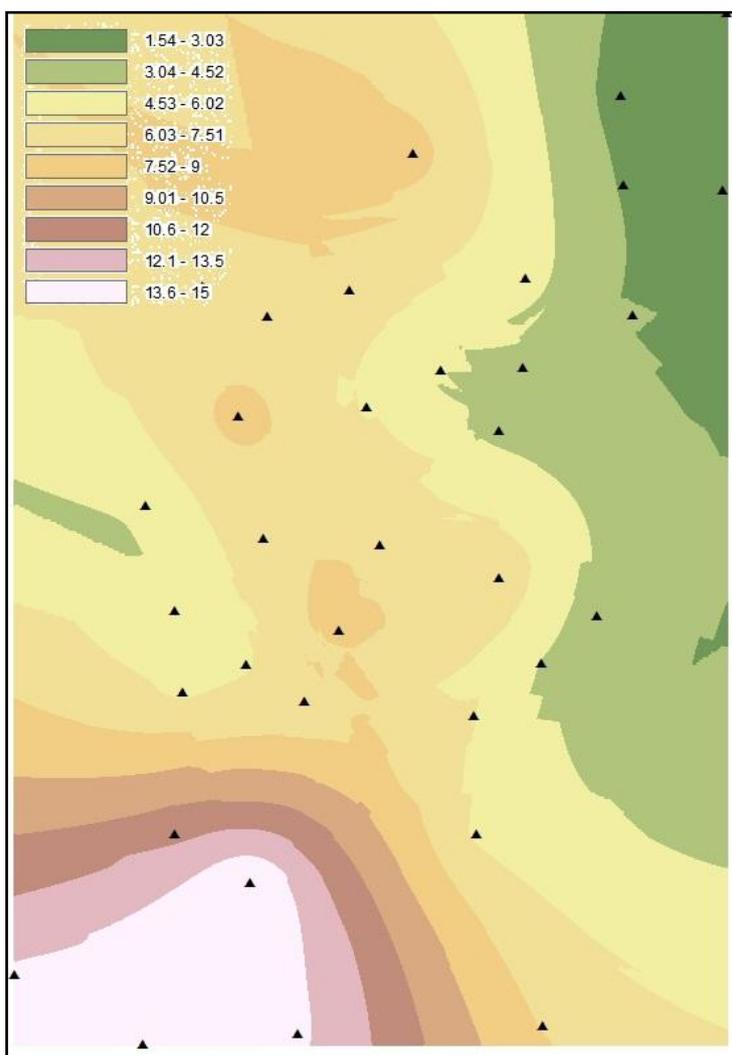


Рис.12. Экологическая обстановка города Кыштыма за февраль 2017 г,
мкР\ч.

Радиоактивные загрязнения из-за аварии 1957 года, радионуклиды, которые ранее влияли на степень воздействия радиационного фона, не имеют минимального значения. Из-за низких температур и частых

выпадения осадков, радионуклиды, которые накопились, показывали небольшие значения.

Территория юго-востока города подвержена гамма-радиоактивности, но не превышающей ПДУ.

Безопасная зона распространяется почти по всей территории города. Небольшие измерения дали постройки из гранита.

Март 2017 год.

На графике показана зависимость динамика показателей гамма-радиоактивности за март 2016-2017гг. Результат на лицо. За год изменения радиационной обстановки уменьшилось в 2 раза. Рассматривая этот месяц, как самый безопасный.

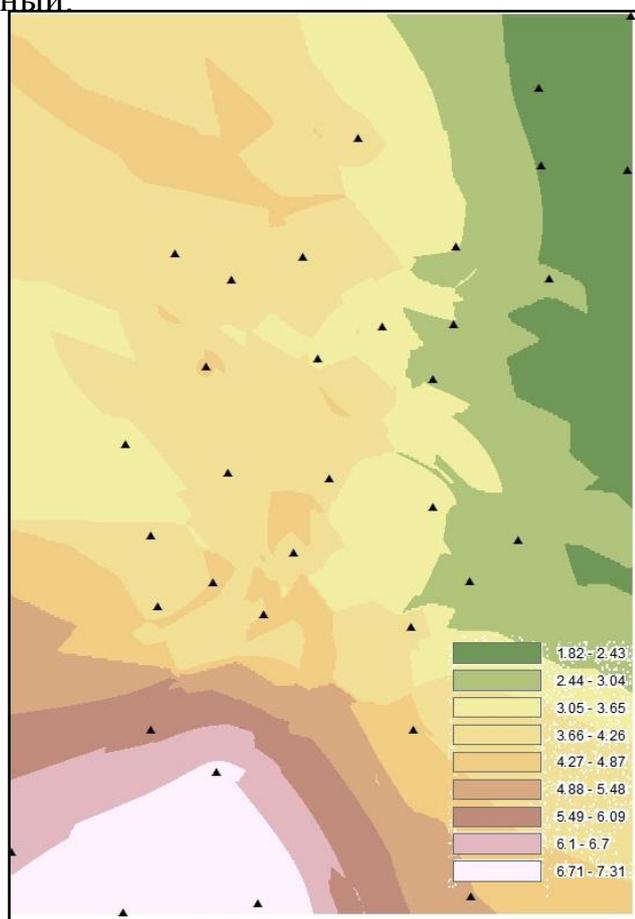


Рис.13. Экологическая обстановка города Кыштыма за март 2017г, мкР\ч.



Рис.14. График зависимости распределения радионуклидов за январь 2016-2017 гг.

На графике показана зависимость динамика показателей гамма-радиоактивности за март 2016-2017гг. Результат на лицо. За год изменения радиационной обстановки уменьшилось в 2 раза. Рассматривая этот месяц, как самый безопасный.

Безопасная зона покрыта по всему городу. Уровень составляет 5мкР/ч. Максимальное значение радиоактивности находится на юго-востоке города Кыштым. Результат – накопление радионуклидов в почве и выход горной породы гранита.

Вывод за 2017год:

За 3 последовательных месяца, динамика пространственного распределения радиация равномерна при отсутствии сильных паводков.

В дипломной работе в 2017 году была взята только зима. Для статистического анализа за весь 2017 год необходимо провести дальнейшие исследования.

Цель была поставлена узнать оценку радиационного фона Кыштыма. За одинаковые месяца, но в разные года, гамма-фон уменьшается в 2 раза.

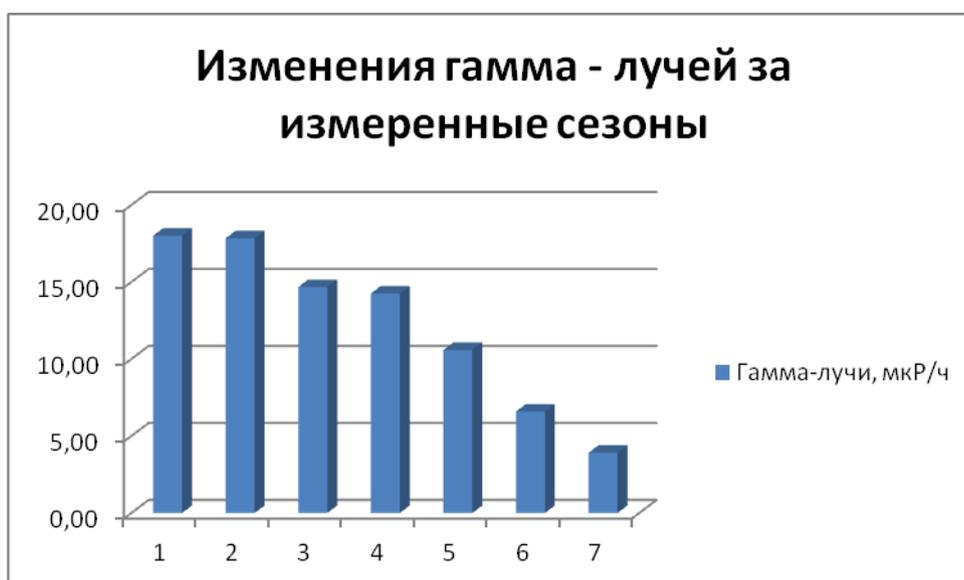
Причины этого явления:

-горизонтальная миграция радионуклидов;

- сброс сточных вод в природные объекты;
- влияние метеорологических условий;
- мощное загрязнение радионуклидами города Кыштым из-за аварии 1957 года;
- город находится в западном направлении Восточно-Уральского Радиоактивного следа.

Осредненные показатели гамма-радиоактивности границы города Кыштым.

По оси X январь, март, август, ноябрь 2016 года и январь, февраль, март 2017 года. По оси Y средние значения гамма-радиоактивности.



На гистограмме выявлен результат, что оценка гамма-излучения высокая за январь 2016 года. Результат обратная пропорциональность, гамма-излучение уменьшается. В дальнейшем необходимо провести исследование, чтобы дать анализ за этот год.

Рекомендация: провести радиационный мониторинг на основе данных Министерство здравоохранение по населению города Кыштым.

Заключение

Радиация не является каким-либо новым фактором воздействия на живые организмы, подобно многим химическим веществам, созданным человеком и ранее не существовавшим в природе.

Радиация — это один из многих естественных факторов окружающей среды.

Естественный радиационный фон влияет на жизнедеятельность человека, как и все вещества окружающей среды, с которыми организм находится в состоянии непрерывного обмена. Поэтому при оценке опасности облучения крайне важно знать характер и уровни облучения от различных естественных источников излучения.

Роль естественного радиационного фона в жизни всего живого Земли еще до конца не выяснена.

Дополнительное облучение от техногенных источников радиации в глобальных масштабах пока еще невелико. Однако некоторые виды человеческой деятельности могут давать существенный вклад в естественный фон.

В сознании большинства людей радиация связана с атомными бомбами, разрушением Хиросимы и Нагасаки, аварией на Чернобыльской АЭС, на ПО «Маяк».

Уравновешенный взгляд на радиацию должен включать понимание существенной пользы от применения атома как в медицине, так во всех сферах человеческой деятельности.

В ходе исследования пришли к такому выводу: Кыштым относительно безопасен для проживания. МЭД 7-23 мкР/ч – это безвредная доза для человека, но по сравнению с другими городами (Кунашак, Аргаяш) уровень высок.

Выводы:

1. Как показали наши исследования, оценка гамма-излучения:

- в воздушной среде радионуклиды ^{137}Cs и ^{90}Sr из-за вертикальной и горизонтальной миграции активны, это связано с радиационным загрязнением на ПО «Маяк» 1957 года, из-за господствующего ветра происходит миграция радиоактивных аэрозолей, с помощью выброса, с других предприятий;

- в водной среде радионуклиды накопились, оценка радиационного фона не превышает ПДУ;

- в почвенной среде идет такая же миграция радионуклидов, как и в атмосфере, и загрязненные участки в этих сферах одинаковые.

2. Определив показатели гамма-излучения от естественных объектов, результаты которого приведены ниже:

- загрязнение ^{137}Cs в почве показывает уровень накопления облучения, а также горизонтальную миграцию из-за деятельности человека, но уровень загрязнения не превышает ПДУ;

- в воздушной среде загрязнение ^{137}Cs намного выше, чем в других средах, это связано с накоплением в стратосфере радиоактивными веществами, плотность загрязнения превышает ПДУ;

- на водных объектах гамма-излучатели неравномерны, из-за сильных паводков гамма-частицы сильно активны, но по окончании паводков радиационные частицы уходят с течением.

3. Метод пространственной интерполяции выявил, что радиационный фон не равномерен. Большое количество ионизирующего излучения в водных объектах и вблизи их связано с рекой Течи.

4. Показало критические опасные, сильные паводки в результате повышается гамма-фон водных объектов вторичным загрязнением гамма радиоактивными компонентами.

По окончании паводков разлива реки, уровень радиации падает в зависимости от накапливания (радиационные частицы уносятся с течением стока).

При отсутствии сильных паводков гамма-фон в допустимой форме.

Список литературных источников

1. «Комплексный доклад о состоянии окружающей среды Челябинской области в 2015 году»: Сайт Министерство экологии Челябинска, информационный источник, [Электронный ресурс] – Режим доступа: mineco174.ru, свободный – Загл.с экрана;
2. «Комплексный доклад о состоянии окружающей среды Челябинской области в 2016 году»: Сайт Министерство экологии Челябинска, информационный источник, [Электронный ресурс] – Режим доступа: mineco174.ru, свободный – Загл.с экрана;
3. «Комплексный доклад о состоянии окружающей среды Челябинской области в 2017 году»: Сайт Министерство экологии Челябинска, информационный источник, [Электронный ресурс] – Режим доступа: mineco174.ru, свободный – Загл.с экрана;
4. Александров, Ю.А. Основы радиационной экологии: Учебное пособие/ Ю.А. Александров – Йошкар-Ола: МарГУ,2007.-268с.
5. Энергоатомиздат / Редкол.: Н.М. Сикорский, Н.Г.Волков и др. – М.: Сов. энцикл.,1982.- 664с.
6. Банникова,Ю.А. Радиация – дозы, эффект, риск/ Ю.А. Банникова – М.: Изд-во «Мир»,1990.-231с.
7. Кормилицын, В.И. Основы экологии. Сборник статей/ В.И. Кормилицын – М.: Изд-во «Просвящение», 2000.- 123с.
8. Белозерский, Г.Н. Радиационная экология: учебник/ Г.Н. Белозерский – М.: Изд-во « Академия», 2008.-320с.
9. Горбачев, Д.О. Медицина и здравоохранения// Анализ радиационных рисков при контакте с источниками ионизирующего излучения, 2010.№ 6-1, с.221-224.
10. Мархоцкий, Я.Л. Естественные источники радиации/ Я.Л. Мархоцкий – М.: Изд-во «Просвящение»,1995.-267с.

11. Сайт Industrial-disasters.ru, электронная библиотека, Кыштымская авария, СССР, 1957[Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://industrial-disasters.ru/disasters/kyshtym/>, свободный – Загл. с экрана;
12. Сайт Russianatom.ru, военный источник, Радиационная обстановка в предприятиях Росстатом[Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.russianatom.ru/>, ограниченный – Загл. с экрана;
13. Сайт Avdspb.ru, информационный источник, Все о радиации и ее последствиях [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.avdspb.ru/radiaciya-opredelenie.html>, свободный – Загл. с экрана;
14. СанПиН 2.6.1.2523-09 «Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009)» от 7 июля 2009г. N 47;
15. « О санитарно-эпидемиологической обстановке в Российской Федерации в 2007 году»: Государственный доклад. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2008.-397с.;
16. Левитан Е.П. Астрономия, учебник для 11 класса/ Е.П. Левитан – М: Просвещение, 1994. – 207с.;
17. Международный форум «Экология». Тема доклада: «Уменьшение антропогенного воздействия на водные объекты Челябинской области: планы и перспективы». Докладчик: Исполняющий обязанности Министра радиационной и экологической безопасности Челябинской области Егор Викторович Ковальчук, 2013. – 7с.;
18. Радиоэкологическая обстановка. Урал и экология: учебное пособие/Ред. Черняев А.М., Урванцев Б.А. – Екатеринбург, 2000.- с.57-66.- (Природа Урала. Вып.5);
19. Министерство природных ресурсов и экологии РФ Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды

- (РОСГИДРОМЕТ) «Тенденции и динамика загрязнения окружающей среды РФ в начале XXIв, выпуск 2, Москва 2013г.;
20. Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Челябинский государственный педагогический университет» (ФГБОУ ВПО «ЧГПУ») Естественно-технологический факультет
Направление: «Экология и природопользование» Презентация: «Закономерности формирования техногенных биогеохимических провинций радиоактивных изотопов». Исполнитель: Кручинина И.П., 2014г – 47сл.;
21. Челябинская область: ликвидация последствий радиационных аварий/Под редакцией проф. Аклеева А.В. Челябинск: Юж.-Урал.кн.изд-во,2006. - 344с.
22. Аклеев, А.В. Хронический лучевой синдром у жителей прибрежных сел реки Теча/ А.В. Аклеев. – Челябинск : Книга, 2012. – 464 с., [8]л.ил.