



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
**«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Кафедра Геоэкологии, природопользования и экологической безопасности

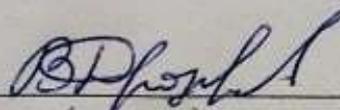
**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
БАКАЛАВРА**

На тему: «Исследование гамма-фона на территории о. Котлин»

Исполнитель Яцкевич Андрей Сергеевич
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель: кандидат географических наук, доцент
Дроздов Владимир Владимирович

**«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой**


(подпись)

кандидат географических наук, доцент
(ученая степень, ученое звание)

Дроздов Владимир Владимирович
(фамилия, имя, отчество)

« » _____ 2022 г.

Санкт-Петербург
2022

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
ВВЕДЕНИЕ	3
1 Ионизирующая радиация и ее источники.....	6
1.1 Физиологическое действие ионизирующей радиации на организм человека	6
1.2 Природные и техногенные источники ионизирующей радиации.....	1 5
2 Источники ионизирующей радиации на территории Санкт-Петербурга	2 0
2.1 Геологическое строение и природные источники	2 2
2.2 Радиоактивные изотопы в строительных материалах.....	2 4
2.3 Потенциальные техногенные источники ионизирующих излучений .	2 8
3. Способы измерения ионизирующих излучений	3 2
3.1 Дозиметры, дозиметры – радиометры.....	3 4
4. Натурные измерения гамма-фона на территории о. Котлин и их анализ.....	4 0
.....	0
5 Практические рекомендации	6 0

ЗАКЛЮЧЕНИЕ	6
	2
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	6
	4

ВВЕДЕНИЕ

В 1896 году Антуан Анри Беккерель, французский учёный, проводил исследования фосфоресценции в солях урана. Завернув уранилсульфат калия в несколько обёрток с фотопластинками, он обнаружил, что с внутренней стороны фотопластинки оказались засвеченными, при отсутствии внешних источников энергии. Тогда учёный предположил, что сам уран является источником проникающего излучения. При более детальном исследовании это предположение подтвердилось, так было открыто явление радиоактивности. Уже больше ста лет открытое явление используется человечеством как в науке и медицине, так и промышленности. Источником ионизирующих излучений могут служить различные радионуклиды естественного и техногенного происхождения.

Естественные радиоизотопы имеют земное (терригенное) происхождение и присутствуют повсюду в окружающей человека среде. Также они образуются под действием космического излучения, постоянно падающего на Землю от Солнца и из глубин космоса. Эти нуклиды называют космогенными.

Радионуклиды техногенного происхождения в больших объемах образуются, как побочный продукт на предприятиях оборонной

промышленности и атомной энергетики. Попадая в окружающую среду, они оказывают воздействие на живые организмы, в чем и заключается их опасность. В данной ВКР будут анализироваться в основном природные источники ионизирующего излучения, обуславливающие естественный радиационный гамма фон.

С основания Санкт-Петербурга и Кронштадта в качестве строительного материала часто использовались граниты. Их применяют для облицовки внешних и внутренних стен жилых помещений, полов, лестниц, укрепления цоколей здания, при постройке арок, набережных, и даже целых площадей. Из всех известных природных облицовочных материалов гранит является одним из самых дешевых, поскольку он – самая распространенная горная порода. Однако, гранит, как кислая магматическая порода, является одним из рекорсменов по удельной активности ^{238}U , ^{232}Th и ^{40}K в Бк/кг.[3]

Кислые магматические породы, к которым принадлежит гранит, содержат уран, радон, церий, лантан, и другие редкоземельные элементы, и их изотопы, которые отличаются небольшой радиоактивностью. Некоторые виды гранита используют как сырье для добычи урана. Как правило, источником этих элементов является кварц, содержание которого в гранитах достигает 35-40%.

Для достоверной и рациональной оценки этой опасности необходимо правильное представление о масштабах использования такого сырья, о частоте применения данных стройматериалов, о расположении гранитных объектов в пределах жилой застройки, о существующих принципах действия радиации на человека, следствиях такого взаимодействия и действенных мерах защиты.

Взаимодействие радиации с человеком характеризуется ионизацией и называется облучением. Происходит передача собственной энергии частицы или электромагнитного излучения путём ионизации среды соприкосновения. Облучение может вызвать нарушения обмена веществ, инфекционные осложнения, лейкоз и злокачественные опухоли, лучевую стерилизацию,

денатурацию белка в хрусталике глаза, и как следствие лучевую катаракту, а также лучевую болезнь.

Длительное проживание населения в областях с повышенным значением радиационного фона негативно отражается на здоровье людей. Реагировать на повышенные дозы радиации без специальных измерительных приборов человек не способен. Причем последствия взаимодействия могут произойти с отсрочкой не только на год, но и проявляться на других поколениях. Считаю, что данная работа актуальна для всех нас, т.к. способствует развитию мониторинга окружающей природной среды и радиационной безопасности человека.

Цель работы: изучить радиационный фон острова Котлин и города Кронштадт, определить области с повышенными значениями гамма излучения.

Объектом исследования является окружающая среда острова Котлин и город Кронштадт. Предмет изучения: ионизирующее гамма-излучение.

Для достижения цели работы потребовалось решить следующие задачи:

- изучить литературу по проблемам радиационного загрязнения окружающей среды;
- выполнить натурные исследование на острове Котлин, в том числе города Кронштадт, на предмет наличия зон с повышенным радиационным фоном;
- изучить особенности воздействия гамма-излучения на здоровье человека;
- выполнить анализ полученных данных и подготовить практические рекомендации.

1 Ионизирующая радиация и ее источники

1.1 Физиологическое действие ионизирующей радиации на организм человека

Каждому биологическому виду, виду клеток и тканей свойственна своя мера чувствительности или устойчивости к действию ионизирующих излучений – своя радиочувствительность или радиорезистентность.

Основным критерием радиочувствительности в радиобиологии принято считать зависимость гибели клеток от поглощенной дозы ионизирующих излучений: чем ниже поглощенная доза, вызывающая летальный эффект, тем выше радиочувствительность.

В 1906 году французские исследователи И. Бергонье и Л. Трибондо обнаружили, что радиочувствительность тканей прямо пропорциональна пролиферативной активности и обратно пропорциональна степени дифференцированности составляющих ее клеток (правило Бергонье-Трибондо). В соответствии с этим правилом, по степени уменьшения радиочувствительности, ткани организма млекопитающих располагаются

следующим образом: жировая, ткань красного костного мозга; герминативный, кишечный и покровный эпителий; мышечная, нервная, хрящевая и костная ткани.

Ткани, органы и системы, повреждение которых определяет преимущественный тип лучевых реакций, специфику и время их проявления, а также значимость для выживания или гибели организма в определенные сроки после облучения принято называть «критическими». К ним относятся, прежде всего, гонады, красный костный мозг, толстый и тонкий кишечник.

Различные типы кроветворных клеток обладают неодинаковой чувствительностью к излучениям, однако о степени чувствительности кроветворных клеток до сих пор нет единого мнения. Одни авторы считают, что наиболее радиочувствительны эритробластические клетки, за которыми следуют миелоциты и мегакариоциты, другие на первое место ставят клетки миелоидного ряда. Более высокая радиочувствительность клеток миелоидного ряда подтверждена посредством пункции костного мозга животных разных видов. Известно также, что степень радиочувствительности клеток эритробластического и миелоидного рядов в определенной степени зависит от вида животного.

При воздействии на организм ИИ система кроветворения и периферическая кровь претерпевают быстро наступающие изменения. При общем облучении животных в пределах доз от ЛД_{50/30} до ЛД_{100/30} развивается типичный кроветворный (костномозговой) синдром, который характеризуется уменьшением числа форменных элементов в крови, наступающий в результате аплазии кроветворной ткани.

Изменения картины крови после облучения.

Лейкоциты. Количественные изменения.

I фаза (первые минуты, часы) - кратковременное незначительное уменьшение числа лейкоцитов.

II фаза (через 6-8 ч) - увеличение на 10... 15 % от исходного уровня.

III фаза (к концу суток) - количество лейкоцитов резко снижается до исходного уровня и удерживается на нем.

Продолжительность возрастания числа лейкоцитов зависит от дозы облучения. (При сублетальных дозах - увеличение до 3-5 суток, а при больших — его нет). Наиболее выраженное снижение количества лейкоцитов при облучении взрослых животных полублетальными дозами отмечается на 2...3-й неделе после воздействия. В данный период число лейкоцитов снижается в 3 раза и более по отношению к нормальным показателям. Восстановительный период, в течение которого количество лейкоцитов достигает исходной величины, составляет 2...3 мес.

Причина гибели лейкоцитов в первые 1-2 ч – из-за следствий вегетативно-сосудистых реакций перераспределения крови, так как гибель клеток в данный период незначительная и это не может резко влиять на общее количество лейкоцитов. В последующие сроки изменения числа лейкоцитов главным образом связаны с нарушениями костномозгового кроветворения. Степень и фазность изменения общего количества лейкоцитов при действии ИИ находятся в прямой зависимости от дозы радиации. При больших дозах первые две фазы проявляются в слабой степени, а фаза угнетения (уменьшения) наступает раньше и выражена сильнее. У молодых животных изменение содержания лейкоцитов наступает раньше и от меньших доз радиации, чем у взрослых, а восстановление показателей происходит быстрее и относительно полнее.

Лимфоциты. Наиболее радиочувствительной клеткой крови является лимфоцит, поэтому изменения количества лимфоцитов — объективный показатель степени лучевого поражения организма. Продолжительность жизни лимфоцитов в крови здоровых животных может быть от нескольких часов до 1-2 сут.

При воздействии радиации уменьшается в первую очередь содержание лимфоцитов по сравнению с другими видами лейкоцитов причем фазности в первоначальных изменениях не наблюдается. Уменьшение содержания

лимфоцитов отмечается уже при облучение дозой в 1 Гр. По мере увеличения дозы лимфопенический эффект усиливается. При облучении дозой ЛД_{50/30} наибольшее снижение количества лимфоцитов наблюдается через 1...3 сут. В этот период отмечаются и морфологические изменения лимфоцитарных клеток, нарушается соотношение малых, средних и больших форм, начинают преобладать малые лимфоциты, появляются двухъядерные клетки, зернистость и вакуолизация ядра и протоплазмы, изменяется активность ферментов.

Изменения лимфоцитов в крови обычно соответствуют изменениям их в селезенке, лимфоузлах, лимфофолликулах стенки кишечника, зубной железе и других органах.

Нейтрофилы. У многих млекопитающих нейтрофилы составляют наибольшую часть лейкоцитов (до 60...70 %). У животных после лучевого воздействия в изменении количества нейтрофильных лейкоцитов выделяют 5 фаз (периодов):

I — фаза первоначального нейтрофилеза. Наступает в результате быстрого выхода клеток из костного мозга. Степень выраженности и продолжительности ее зависит от дозы облучения, вида животных и других факторов;

II — фаза первого опустошения. Число нейтрофилов в этот период уменьшается до 10...20 % от исходного уровня, а в тяжелых случаях — еще больше, продолжаясь до гибели животного. Появление этой фазы объясняется прекращением выхода нейтрофилов из костного мозга и гибелью клеток вне сосудов;

III — фаза abortивного подъема, максимум ее отмечается на 7... 17-й день. В данный период количество нейтрофилов может достигать 70...80 % исходного значения. К этому времени возобновляется деление, оставшихся в живых, костномозговых клеток, большая часть которых была повреждена и стала неспособной к многократному полноценному делению. Прекращается митоз клеток, что приводит ко второму опустошению;

IV — фаза второго опустошения. Обычно оно бывает выражено сильнее и более продолжительно, чем во второй фазе;

V — фаза восстановления, развивается медленно и характеризуется началом увеличения численности клеток костного мозга.

Одновременно с фазными изменениями общего количества нейтрофилов изменяется и соотношение форм клеток. Сроки восстановительных процессов нейтрофильных (псевдоэозинофильных) клеток по сравнению с лимфоцитами растянуты и могут проходить со значительными колебаниями.

Эозинофилы. При действии сублетальных доз больших сдвигов в содержании эозинофилов в крови не установлено. Облучение в полублетальных дозах приводит к снижению их количества, за которым следует медленное восстановление. В хронических случаях радиационного воздействия часто развивается эозинофилия.

Базофилы. Базофилы характеризуются высокой радиочувствительностью. При облучении дозами 1 Гр и выше в течение первых суток резко падает их количество; на высоте лучевой реакции они из крови исчезают. Относительно других форменных элементов крови восстановительный период количества этих клеток затягивается.

Моноциты. При облучении содержание моноцитов изменяется значительно меньше, чем других групп лейкоцитов. При облучении в полублетальных дозах количество моноцитов уменьшается на третьи сутки с максимумом депрессии к концу недели, после чего содержание их восстанавливается.

Эритроциты. Относительно малая по сравнению с лейкоцитами РЧ эритроцитов. При облучении животных в сублетальных дозах количество эритроцитов в крови практически не изменяется, не происходит также существенного снижения уровня гемоглобина. Однако при исследовании ретикулоцитов выявляются изменения возрастного состава эритроцитарных клеток. Так, ретикулоцитов у облученных животных на вторые-третьи сутки

становится меньше на 10...20 %, а с пятых суток содержание их увеличивается. До нормы или выше; периодические колебания удерживаются на таком уровне до выздоровления. Повышение количества ретикулоцитов в крови облученного организма свидетельствует об активации эритропоэза, сокращении продолжительности жизни эритроцитов и нарушении их функционально-морфологических структур.

Изменения в картине красной крови наиболее характерны при воздействии полулетальными дозами. В течение первых трех суток после облучения наблюдается увеличение количества клеток и содержания гемоглобина в 1 мм³ крови на 10...15 %, затем следует период развития анемии с максимумом проявления ее на 15...20-е сутки, когда содержание эритроцитов и гемоглобина снижается в 2...3 раза и более против нормы. Одновременно с количественными сдвигами наблюдаются морфологические и биохимические нарушения в эритроцитах. Восстанавливается картина крови у животных медленно, в течение 2... 5 мес.

Тромбоциты. По радиочувствительности тромбоциты занимают среднее положение между лейкоцитами и эритроцитами. При облучении среднелетальными дозами количество тромбоцитов до 5-го дня удерживается относительно на одном уровне, а затем резко падает, опускаясь до минимума на 9... 10-е сутки. В эти сроки у животных, больных острой лучевой болезнью, появляются геморрагии, а при больших дозах развивается геморрагический синдром.

В облученном организме тромбоциты помимо количественных сдвигов претерпевают и качественные изменения, которые приводят к нарушениям процессов поглощения протромбина и продолжительности свертывания крови, рекальцификации плазмы и другим дефектам. Восстановление числа тромбоцитов наблюдается на 35...45-и день после облучения.

Центральная нервная система. Нервная система отличается высокой чувствительностью к радиации. Клетки нервной системы относятся к категории

необновляющихся. Установлено, что для действия радиации на нервную систему характерно определенное сочетание эффектов раздражения и повреждения. Изменения в нервной системе возникают при всех дозах облучения, однако клиническую значимость они приобретают лишь при высоких дозах, особенно в период первичной реакции и в разгар болезни. При радиационных поражениях нервной системы наблюдаются сосудистые изменения как одно из проявлений общего геморрагического синдрома: переполнение сосудов кровью, стазы, плазморрагии, точечные или обширные кровоизлияния в мозг и оболочки. Нередко выявляются изменения паренхимы нервной системы в форме: реактивного процесса, дистрофически-некробиотического процесса. Выраженные морфологические проявления поражения клеток центральной нервной системы наблюдаются, как правило, только после воздействия в дозах, приближающихся к 50 Гр и выше. Максимум изменений приходится на 1-е сутки после облучения. При более высоких дозах может наблюдаться ранний некроз ткани мозга. При облучении в дозах 10—30 Гр в клетках центральной нервной системы обнаруживают угнетение окислительного фосфорилирования. Это связывается с дефицитом АТФ, который расходуется на процесс репарации разрывов ДНК, вызванных облучением.

В определенные периоды развития лучевого поражения наблюдаются характерные признаки нарушения функций ЦНС. Так, в момент облучения формируется первичная рефлекторная реакция нервной системы. Рефлекторная реакция непродолжительна (не более 2-3 суток). По окончании действия на организм ионизирующих излучений прекращается образование токсинов. Создаются условия для нормализации функций нервной системы. В последующем неврологические расстройства развиваются в период разгара лучевой болезни. При высоких дозах облучения, порядка сотен Грэй, структурные и функциональные изменения в нервной системе уже в начальном периоде поражения носят столь выраженный характер, что являются основным звеном его патогенеза. Формируется особая форма лучевого поражения,

получившая название церебральной. В основе церебральной формы острой лучевой болезни (ОЛБ), развивающейся у человека после облучения головы или всего тела в дозах 50 Гр и выше, лежат дисфункция и гибель нервных клеток, обусловленные преимущественно их прямым радиационным поражением.

Проявления церебрального лучевого синдрома зависят от мощности дозы облучения: если она превышает 10—15 Гр/мин, то в течение нескольких минут после облучения могут развиваться коллапс, резчайшая слабость, нарушения моторики, судороги. Данный симптомокомплекс получил название синдрома ранней преходящей недееспособности (РПН). Наиболее вероятно его развитие при импульсном (особенно нейтронном) облучении. Через 10—45 мин основные проявления РПН проходят, сменяясь временным улучшением состояния. В менее выраженной форме РПН возможен и при кратковременном облучении в меньших дозах — от 20 до 50 Гр. Одним из пусковых механизмов развития РПН является нехватка энергии для нейронов, обусловленная угнетением процессов окислительного фосфорилирования. Массовая гибель клеток приводит к резкому возрастанию количества различных ферментов в крови (протеаз, гидролаз и др.), что воспринимается организмом как сигнал о самоуничтожении.

Железы внутренней секреции. Основной функциональной тканью желез внутренней секреции является железистый эпителий, который относится к медленно регенерирующим клеточным системам. Поэтому при полулетальных дозах облучения выраженные изменения в железах внутренней секреции наблюдаются в более поздние сроки. Они выражаются в дисфункции системы гипоталамус – гипофиз – другие железы внутренней секреции. Содержание гормонов в коре надпочечников при этом понижается. Снижаются функции и других желез внутренней секреции, что, в конечном итоге, приводит к нарушению общей сбалансированной деятельности всей эндокринной системы. Степень выраженности дезинтеграции в работе желез зависит от дозы ионизирующих излучений и исходного состояния эндокринной системы. В результате расстройства функций желез внутренней секреции значительно

повреждается механизм гуморального управления защитно-приспособительными реакциями организма.

Функциональные нарушения в эндокринной системе сохраняются на протяжении длительного периода после клинического выздоровления.

Сердечно-сосудистая система. Сердечная мышца состоит из медленно обновляющихся клеток, поэтому морфологические и функциональные изменения в ней наблюдаются только спустя большой срок после облучения (через недели и месяцы). Ранние изменения в миокарде удается определять только при смертельных дозах облучения – 10 Гр и выше.

Морфологические изменения в кровеносных и лимфатических сосудах наблюдаются при сравнительно небольших дозах облучения. Они, как правило, обнаруживаются через 2 - 4 недели от момента лучевого воздействия. Снижается содержание в стенках сосудов макромолекул гиалуроновой кислоты, в результате чего стенки сосудов становятся хрупкими и легко проницаемыми для компонентов крови. В сочетании с снижением к этому времени числа тромбоцитов, повышенная ломкость и проницаемость сосудистых стенок обуславливают возникновение повышенной кровоточивости.

В более поздние сроки (спустя 3 - 4 недели после облучения) появляются признаки радиационного поражения эндотелия сосудов. Снижается способность эндотелия к образованию капилляров, в результате чего нарушаются трофика тканей и их посттравматическая регенерация.

Органы дыхания. Клетки тканей легких относятся к категории медленно обновляющихся. Морфологические и функциональные изменения в легких при воздействии ионизирующих излучений в сублетальных дозах развиваются спустя значительное время после облучения (при локальном действии в дозе 25 Гр срок реализации радиационных повреждений в легких равен 160 суткам). Раньше наблюдается поражение лимфоидных образований легких, с чем бывает связано (примерно в 45 – 60% случаев) развитие пневмонии.

При воздействии больших доз ионизирующих излучений, порядка десятков Грэй, вскоре после облучения развивается лучевой пульмонит. При этом разрушаются капилляры, происходит пропитывание изливающейся из них кровью окружающих тканей, развивается воспалительная реакция. В последующем в области пораженного участка обнаруживается фиброзное хроническое уплотнение ткани легких.

Орган зрения. Ионизирующие излучения разлагают зрительный пурпур в сетчатой оболочке глаза, поэтому в момент лучевого воздействия может появиться ощущение вспышки света. Явление получило название радиофосфена. После облучения глаз возможно развитие катаракты (помутнение хрусталика). Лучевая катаракта образуется у человека при воздействии дозы общего гамма-облучения 3 Гр примерно через 3 года, а при воздействии дозы 8 Гр – через 2 года. Катарактогенная доза быстрых нейтронов составляет 0,15 – 0,45 Гр.

Катарактогенное действие ионизирующих излучений тем сильнее, чем больше плотность ионизации, создаваемая им в тканях. Лучевая катаракта может подвергаться обратному развитию. Незначительное помутнение хрусталика часто не прогрессирует и может со временем исчезнуть. [2]

1.2 Природные и техногенные источники ионизирующей радиации

Радиоактивные элементы, которые мы можем встретить в природе называются естественными, а синтезированные искусственно принято называть техногенными, реже антропогенными. Из естественных радиоизотопов преобладают атомы элементов с порядковыми номерами от 81 в таблице Д.И. Менделеева. Порядковый номер с числом больше чем 96, как правило имеют элементы, полученные искусственно. На данный момент в Земле сохранилось как минимум 23 природных радиоизотопа, у которых период полураспада начинается от 107 лет. Радионуклиды сами по себе испытывают цепочки радиоактивных превращений из-за избытка энергии и нестабильности, такие

цепочки именуется радиоактивными рядами, реже семействами. В ходе превращений они могут испытывать α - и β -распад, который неизбежно ведёт либо к изменению массы атома и перестройке его свойств, либо к изменению его заряда (и числа нейтронов), без изменения числа нуклонов.

Инфракрасное излучение, видимый свет, а также ультрафиолетовые лучи не относятся к ионизирующему излучению (далее по тексту – ИИ) [3].

Все ИИ подразделяют на корпускулярные и фотонные (электромагнитные).

Фотонные излучения - это γ - излучение, а также рентгеновское (характеристическое и тормозное) излучение.

Корпускулярное ИИ – это нейтронное (n), протонное (p), альфа (α)- и бета (β)- частицы, и иные ядерные излучения.

Источники ИИ зачастую дифференцируют на: природные (естественные) и искусственные.

К естественным (природным) источникам ИИ относятся:

- 1) термоядерные реакции, к примеру, на Солнце;
- 2) радиоактивный распад радионуклидов спонтанного характера;
- 3) космические лучи;
- 4) индуцированные ядерные реакции в итоге попадания в ядро элементарных частиц высокоэнергетического характера либо слияния ядер.

Как можно заметить по рисунку 1.1, наибольшую дозу облучения человек получает именно от естественных источников излучения. Избежать взаимодействия с радиацией не представляется возможным, так как не только окружающие нас предметы включают в себя различные изотопы, но и сам человек. В своей структуре человек имеет радиоактивные элементы, обуславливающие природный радиационный фон тела, сформированный в основном изотопом ^{40}K , который составляет 0,012 % от всех других не радиоактивных атомов калия. В течение всего исторического развития Земли разнообразные виды ИИ попадают на земную поверхность из космоса и поступают от радиоактивных веществ, расположенных в земной коре, а

некоторые из которых даже имеют период полураспада превышающий возраст Земли.

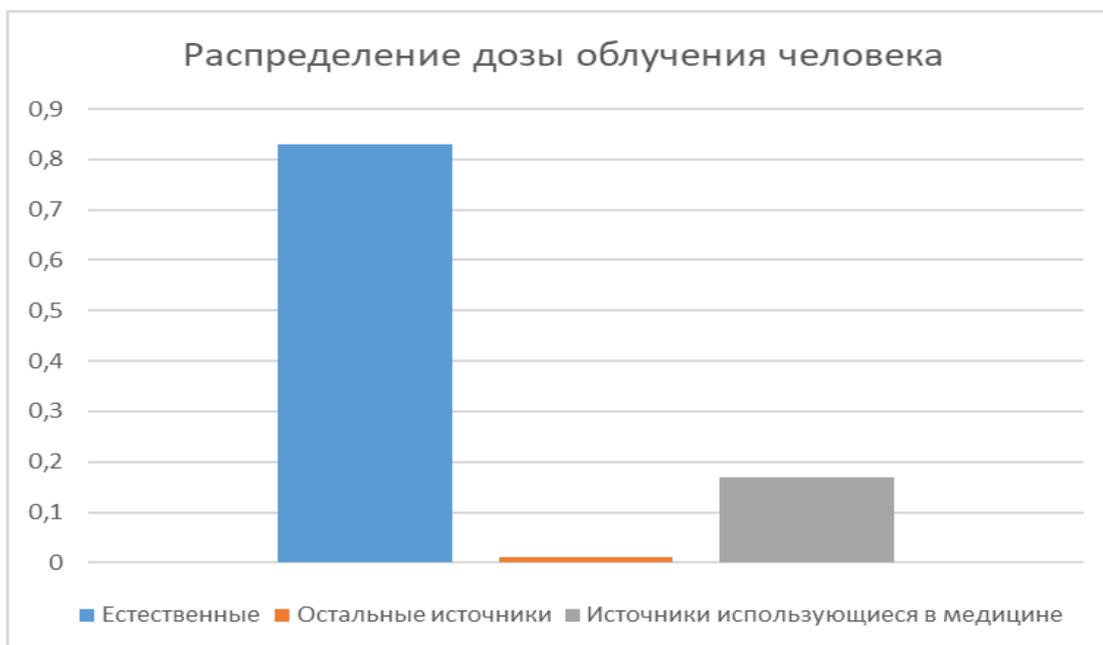


Рисунок 1.1 – Распределение дозы облучения человека. [4]

Тяжелые естественные радиоизотопы образуют четыре радиоактивных семейства: урана-радия; тория; актиния; нептуния. Родоначальники каждого семейства характеризуются очень большими периодами полураспада (см. табл. 1.1), которые сопоставимы с временем жизни Земли и всей Солнечной системы.

Таблица 1.1 – Родоначальники естественных радиоактивных семейств

Ряд	Родоначальник семейства	Период полураспада – $T_{\text{физ.}}$, ГОДЫ
$A = 4n$	Торий-232	$1,4 * 10^{10}$
$A = 4n + 2$	Уран-238	$4,51 * 10^9$
$A = 4n + 3$	Уран-235	$7,13 * 10^8$
$A = 4n + 1$	Нептуний-237	$2,2 * 10^6$

Из всех представленных рядов, самый внушительный период полураспада у тория, который составляет примерно 14 миллиардов лет, и со времени образования планеты сохранился практически весь. Касательно изотопов урана можно сказать, что 238-й изотоп распался почти на половину, а 235- изотоп распался в большей степени. Нептуний-237 распался полностью, так как его период полураспада значительно меньше возраста Земли, и встречается он теперь только в следовых количествах. Таким образом, самым распространённым радионуклидом среди представленных является торий, урана в двадцать раз меньше (если брать уран-235, то почти 300 раз).

Периоды полураспада и типы распада членов естественных радиоактивных рядов приведены в таблице 1.1.

Радиоактивные семейства имеют несколько общих характеристик:

1. Родоначальники всех семейств имеют большие периоды полураспада, в пределах 10^8 - 10^{10} лет.

2. Каждая цепочка превращений имеет в середине цепи радиоактивный инертный газ (^{83}Kr и ^{133}Xe , ^{222}Rn , торон (^{220}Rn), актинон (^{219}Rn).

3. Замечена закономерность, что после вышеупомянутых газов всегда следуют короткоживущие изотопы.

4. Все члены цепочек распадаются либо α -распадом, либо β -распадами. Интересно, что у атомов есть некоторые вероятности пойти одним из двух путей. Таким образом, ряды разветвляются и цепочки превращений продолжаются (с испусканием гамма-кванта), пока не образуется стабильный изотоп.

5. Окончание цепочек сводится к образованию стабильных изотопов свинца.

Техногенный источник излучения - это источник ионизирующего излучения, специально созданный для его полезного применения или являющийся побочным продуктом этой деятельности. В настоящее время практически в любой отрасли хозяйства и науки во все более возрастающих

масштабах используются радиоактивные вещества и источники ионизирующих излучений.

К техногенным источникам ионизирующего излучения относятся:

- искусственные радионуклиды;
- ядерные реакторы;
- ускорители для элементарных частиц (которые генерируют потоки заряженных частиц и фотонное тормозное излучение);
- аппарат для производства рентгена, как подвид ускорителей, для генерации рентгеновского тормозного излучения.

Главными источниками ионизирующих излучений и радиоактивного загрязнения (заражения) являются предприятия ЯТЦ: атомные электростанции (реакторы, хранилища отработанного ядерного топлива, хранилища отходов); предприятия по изготовлению ядерного топлива (урановые рудники и гидрометаллургические заводы, предприятия по переработке и захоронению радиоактивных отходов). Кроме того, источниками радиоактивного загрязнения могут быть исследовательские атомные реакторы, транспортные ядерно-химические установки и военные объекты (хранилища ядерных боеприпасов, ракетные установки).

Объекты содержащие радиоактивные составляющие подвергаются обработке, перевозке транспортом, хранению и рекуперации (переработка тория на реакторах серии БН). Что в свою очередь создает дополнительные риски, как экологические и экономические, так и социальные.

Радиоактивное воздействие также оказывается на жителей близлежащих районов к АЭС и предприятиям по переработке топлива, за счет выбросов и рассеивания радиоактивного материала. Зона потенциальной опасности составляет порядка 200 км, внутри которой наблюдается превышения до 65% от природного фона.

Особенностью облучения в медицинских целях является применение ионизирующих излучений, создающих относительно высокие мощности дозы и

большие дозы. В промышленно развитых странах годовые дозы рентгеновского излучения на душу населения достигают $(5 \cdot 10^{-4} \dots 1 \cdot 10^{-3})$ Гр, что соответствует годовой коллективной дозе от медицинского облучения населения, составляющей $(5 \cdot 10^2 \dots 10^3)$ чел./Гр на 1 млн человек.

Для человека, проживающего в промышленно развитых регионах, годовая суммарная эквивалентная доза облучения из-за высокой частоты рентгенодиагностических обследований достигает 3000...3500 мкЗв/год (средняя на Земле доза облучения равна 2400 мкЗв/год). Для сравнения предельно допустимая доза для профессионалов (категория А) составляет 50 000 мкЗв/год.

Антропогенные источники создают небольшую дозу облучения, относительно вклада естественного радиационного фона, так как все промышленные источники излучения эксплуатируются строго в соответствии с требованиями радиационной безопасности. Бывали случаи, связанные с несоблюдением норм эксплуатации, когда промышленные источники ИИ терялись, и локальный уровень радиационного фона резко возрастал (Радиационный инцидент в Краматорске).[5]

2. Источники ионизирующей радиации на территории Санкт-Петербурга

Естественные источники радиации на территории Санкт-Петербурга являются довольно значимой и вместе с тем практически нерешаемой проблемой. Их вклад в общую дозовую нагрузку на население города составляет порядка 66% от всевозможных источников. Суть проблема кроется далеко в прошлом, когда было принято решение построить город на берегу Финского залива, так как под землёй находится обширный геологический разлом. Место стыка Русской платформы и Балтийского щита открывает выход на поверхность

огромному количеству радона и продуктам его распада. Также свой вклад вносит Балтийский кристаллический щит богатый кислыми магматическими породами.

Радон – это тяжёлый газ, безвкусный, бесцветный, не имеющий запаха. Как правило радон образуется в результате цепочки превращений ураноториевых рядов. Испаряясь из-под земли или выделяясь из строительных материалов (бетон, гранит, сланцы, кирпич из красной глины и т.д.), радон накапливается в шахтах, подвалах, на первых этажах домов. При закрытых окнах, в таких домах накапливается достаточное количество опасного газа для превышения нормы по объемной активности в 8 раз.

К территориям с повышенным уровнем радиационного фона в Санкт-Петербурге можно отнести Красносельский район и Пушкинский район (рисунок 2.1). Объемная активность радона, измеряемая в Бк/м³, в этих районах выше, так как практически на поверхность выходят горные породы с высоким содержанием урана (превышения от 10 до 100 раз). Они представлены диктионемовыми сланцами, своего рода такой аргиллито-подобной горной породой из спрессованной глины с вкраплениями частиц кварца, слюды и полевых шпатов.

Техногенные источники ионизирующего излучения на территории г. Санкт-Петербурга и пригорода: Ленинградская атомная электрическая станция (г. Сосновый Бор); Ленспецкомбинат «Родон» (г. Сосновый Бор); НИТИ им. Александрова (г. Сосновый Бор); ПИЯФ им. Константинова (г. Гатчина); Могильник радиоактивных отходов (г. Кузьмолово); Институт Иоффе (СПб); Радиевый институт им. Хлопина (СПб); ЦНИИ им. Крылова (СПб); Балтийский завод (СПб); Федеральное Государственное Унитарное Предприятие - Российский научный центр "Прикладная химия" (ФГУП "РНЦ "Прикладная химия"); ЗАО «Центротех-СПб»; Открытое акционерное общество "Санкт-Петербургский "ИЗОТОП" (ОАО "СПб "ИЗОТОП"); Федеральное государственное унитарное предприятие «Научно-технический центр «Ядерно-физические исследования».[6]

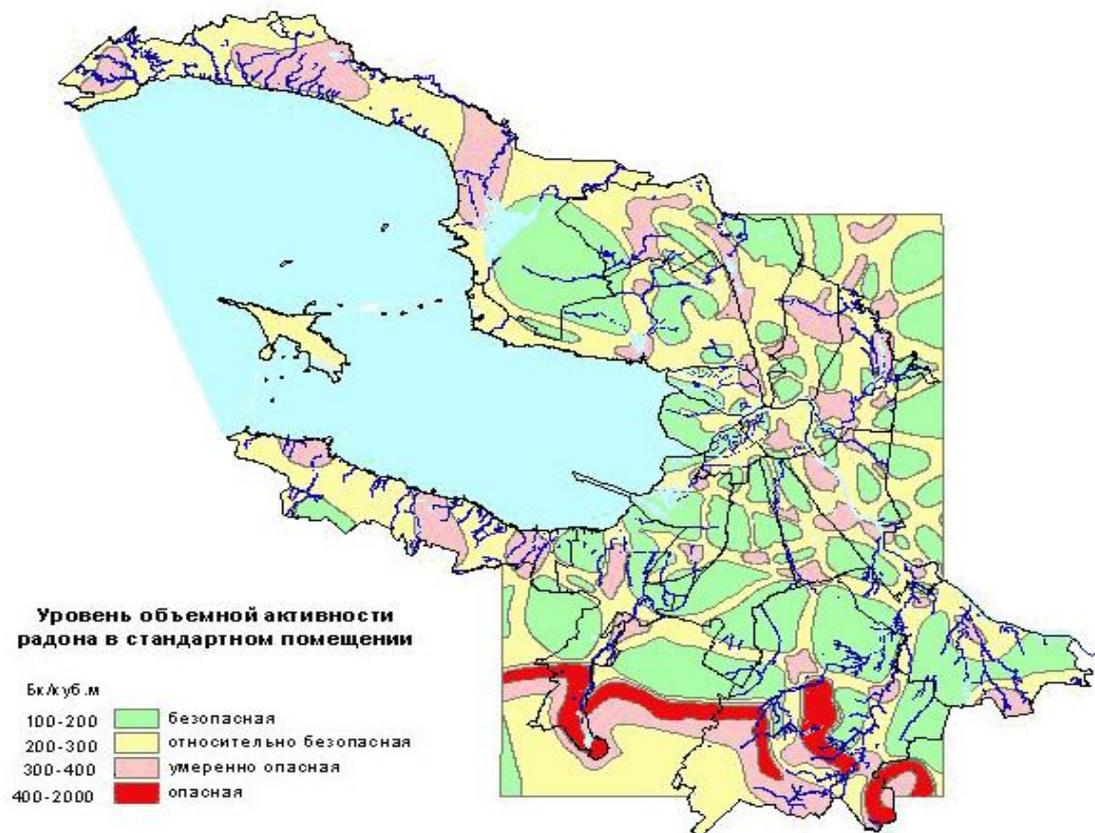


Рисунок 2.1 – Карта уровня активности радона вокруг Санкт-Петербурга. [7]

В Санкт-Петербурге к техногенным радиационно-опасным объектам относятся исследовательские реакторы Центрального научно-исследовательского института имени Крылова, транспортные атомные энергетические установки на Балтийском заводе и другие. Места радиоактивного загрязнения постоянно выявляются на территории Санкт-Петербурга. Так, например, на Васильевском острове (Шкиперский проток) в советское время располагался институт, испытывавший влияние радиации как оружия. В лаборатории обрабатывали кроликов и собак жидкими радиоактивными растворами. Погибших животных хоронили тут же. Радиоактивные растворы сливали в спецканализацию, которая выходила в Финский залив. А иногда и в ямы, которые потом заливали бетоном. [8]

2.1 Геологическое строение и природные источники

Остров Котлин (финский вариант – *Retusaari*, шведский – *Reitskär*) – небольшой остров в Финском заливе Балтийского моря. Его русскоязычный вариант названия, вероятнее всего, происходит от того, что Финский залив в этом месте напоминает по своей форме горловину котла.

Географические координаты острова Котлин: 60°00'45" с. ш. 29°44'01" в. д. (рис. 2.2).

Площадь острова Котлин не превышает 16 км². Административно остров Котлин входит в состав Кронштадтского района города Санкт-Петербург, одновременно являясь неотъемлемой территориальной частью Российской Федерации.

Верхняя часть разреза коренных (дочетвертичных) пород острова Котлин представлена уплотненными зеленовато-серыми глинами котлинской свиты верхнего протерозоя (венда).[10] (Приложение А) На поверхность коренные породы нигде на острове не выходят, будучи скрыты толщей четвертичных отложений в несколько десятков метров. Разрез четвертичных пород начинается снизу с моренных отложений, чередующихся с межморенными слоями. Остров представляет собой моренную гряду лужской стадии последнего (Валдайского) оледенения, размытую многочисленными водоемами, бывшими здесь после отступления ледника. В процессе смены этих водоемов остров то выходил на поверхность, то снова полностью покрывался водой.

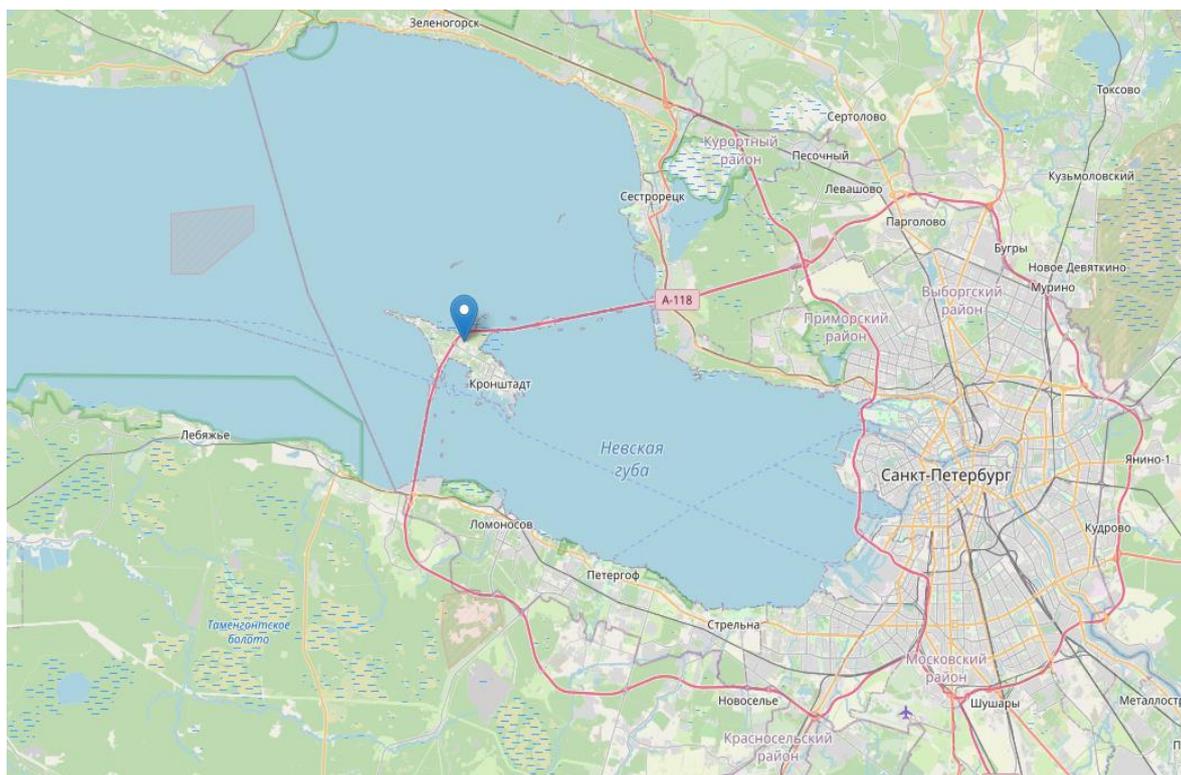


Рисунок 2.2 – Схематичное изображение местоположения о. Котлин относительно г. Санкт-Петербург. [9]

Последний раз Котлин вышел из-под воды примерно 4 тыс. лет назад. Водоемы не только размывали моренную гряду, лежащую в основании острова, но и откладывали свои отложения, формируя морские террасы. В результате, морские четвертичные отложения не только окаймляют все побережье, но и слагают весь остров Котлин. В западной части острова на поверхности преобладают безвалунные мелкозернистые пески, под которыми местами залегают безвалунные морские суглинки. Болота с маломощным евтрофным торфом занимают значительные площади в западной части Котлина. [11]

2.2 Радиоактивные изотопы в строительных материалах

Повышение требований к радиологическому контролю по содержанию радионуклидов в стройматериалах началось относительно недавно, когда люди

поняли, что радиоактивные изотопы есть практически в каждом изделии или продукте. Для создания комфортной среды обитания и обеспечения безопасности здоровья государственный надзор повышается. Чтобы установить класс опасности согласно нормам радиационной безопасности, в настоящее время проводят только определение удельной активности естественных радионуклидов(ЕРН). Однако, удельная активность не отражает потенциальной опасности, касательно выделения радона из материала, так как не проведён спектральный анализ присутствующих радиоизотопов, которые в свою очередь могут по цепочкам превращений перейти в радон.

Любое минеральное сырье, используемое в строительстве, содержит радиоактивные вещества в различной концентрации, характеризуя природную радиоактивность. Она присутствует как в сырье (щебень, песок, цемент и пр.), так и в готовой продукции (кирпич, керамическая плитка, железобетонные конструкции, товарный бетон и растворы, искусственные камни, облицовочные плиты).

Большая часть материалов, используемых в строительстве, относится к естественным составляющим различных систем. Например, казеиновый клей, получаемый из белка молочного сырья, который можно отнести к биосфере, как её составляющее. Строительные материалы, характеризующиеся минеральным составом, относятся к литосфере, в которой содержится множество различных химических элементов и их изотопов. Опасными могут быть, как природный камень и цельная горная порода, так и компоненты вяжущих смесей, в составе которых имеются минеральные составляющие. Радиоактивность не постоянна, и поэтому сходные материалы могут значительно различаться по этому параметру, так как могут быть добыты в разных местах, с разной технологией обработки, либо вообще на местности с радиоактивным заражением.

Естественная радиоактивность строительных материалов обусловлена содержанием в них природных радионуклидов, а именно: ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K и ^{238}U . В зависимости от концентрации изотопов ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K и ^{238}U в строительных

материалах, мощность дозы излучения в помещениях изменяется от $4 \cdot 10^{-8}$ до $12 \cdot 10^{-8}$ Гр/ч. В кирпичных, каменных и бетонных зданиях мощность дозы в 2-3 раза выше, чем в деревянных. [12]

Практически все ряды радиационных превращений тяжёлых элементов имеют в своём составе нестабильные инертные газы, такие как: ^{83}Kr и ^{133}Xe , ^{222}Rn , торон (^{220}Rn) и актинон (^{219}Rn). Большинство цепочек превращений оканчиваются стабильным изотопом свинца ^{206}Pb и ^{208}Pb .

Как видно из рис. 2.3, в помещениях источником радиоактивных газов помимо почвы под зданием являются и строительные материалы, таким образом большое значение имеет рациональный и безопасный выбор исходного материала для строительства, чтобы обезопасить население от негативно-действующего ионизирующего излучения. Одними из самых используемых материалов для строительства являются: дерево, кирпич, бетон. Они выделяют небольшое количество радона. Другая сторона медали представлена различными добавками к традиционным видам стройматериалов, которые имеют повышенный радиационный фон: пемза, глинозём, силикатный шлак и т.д [13]



Рисунок 2.3 – Диаграмма процентного содержания радона, при излучении от различных источников. [13]

Одним из продуктов переработки руд является силикатный шлак, имеющий довольно высокую активность материала, за счет высокого содержания SiO_2 , который представляет собой природный аккумулятор тяжёлых атомов, будь то золото, или уран. Такой шлак используют при производстве бетона, так как он является хорошим связующим компонентом.

Другим примером является побочный продукт обработки апатитовой руды — это гидрат сульфата кальция, образующийся при производстве фосфорной кислоты из апатитов в результате обработки руды серной кислотой. Фосфогипс применяется в строительной индустрии с небольшими ограничениями по удельной активности радиоизотопов, так как апатитовая руда содержит в себе изотопы урана-238, радия-226 и тория-232. В результате такой обработки руды, практически все радиоактивные элементы переходят фосфогипс, что может создавать угрозу для населения. На данный момент уже большинство выработанного материала отправляется сначала на длительное хранение, как мера снижения общей активности, а уже потом направляется для использования. Однако, на данный момент не существует экономически обоснованного и рационального способа переработки гидрата сульфата кальция.

В таблице 2.1 приведены значения удельной активности естественных радионуклидов в строительных материалах.

Таблица 2.1 – Удельная активность естественных радионуклидов в строительных материалах (Бк/кг) [13]

Вид материала	^{226}Ra	^{232}Th	^{40}K	$A_{\text{эфф}}$
Бетон легкий	21,8	15,2	155,0	59
Бетон тяжелый (цемент)	23,7	16,7	149,0	63
Фосфогипс	40,0	91,0	170,0	107
Песок	7,8	12,3	33,0	16

Кирпич	15,0	4,0	333,0	48
Щебень из гранита	27,4	35,9	111,0	204
Мрамор	18,0	18,0	37,0	45
Гранит	100,8	80,0	1299,0	315

Контроль радиационной безопасности строительных материалов на территории России проводится в соответствии с Федеральными законами «О радиационной безопасности населения» и «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения». Нормативные документы, которыми руководствуются при определении радиационной безопасности строительных материалов являются: СанПиН 2.6.1.2523-09 (НРБ-99/2009) «Нормы радиационной безопасности. Санитарные правила и нормативы» и ГОСТ 30108-94 «Материалы и изделия строительные. Определение удельной эффективной активности естественных радионуклидов».

Контролируемая величина – удельная эффективная активность естественных радионуклидов ($A_{эфф}$) – суммарная удельная активность ЕРН в материале, определяемая с учетом их биологического воздействия на организм человека. Измеряется в Бк/кг. Допустимость применения строительного материала при сооружении зданий определяют по значению $A_{эфф}$ (табл. 2.1). Удельная эффективная активность указывается в гигиенических сертификатах и паспортах на строительные материалы. [14] Для строительства и ремонта жилых и общественных зданий допускается использовать материалы с $A_{эфф}$ не более 370 Бк/кг. По результатам выполненной государственной экспертизы выдается экспертное заключение о соответствии (или несоответствии) рассчитанного значения $A_{эфф}$ в отобранных пробах строительного материала требованиям проектной документации и требованиям СанПиН 2.6.1.2523-09 (НРБ-99/2009) «Нормы радиационной безопасности. Санитарные правила и нормативы».

Таким образом, радиационное заражение изделия или его компонентов зависит не только от его происхождения, но и от привнесения в него из окружающей среды чужеродных радиоизотопов. Это можно диагностировать только после детального химического анализа. В погоне за изобретением все новых и новых маркетинговых лозунгов, производители зачастую умалчивают о наличии радионуклидов в том или ином материале, либо о его природной радиоактивности, способной нанести вред здоровью. Радиоактивность материала может быть связана с его месторождением и классом горных пород, а также приобретена за счет использования всевозможного сырья из мест, подвергшихся радиационному заражению.

2.3 Потенциальные техногенные источники ионизирующих излучений

По классификации НРБ-99/2009 к техногенным источникам ионизирующего излучения относят источник ионизирующего излучения, специально созданный для его полезного применения или являющийся побочным продуктом этой деятельности. Медицинский источник – это любое медицинское изделие, содержащее в своём устройстве ИИИ. В целом же, источником ионизирующего излучения может быть радиоактивное вещество или устройство, испускающее или способное испускать ионизирующее излучение, на которые распространяется действие НРБ-99/2009 и ОСПОРБ. [14]

Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009) предусматривают следующие виды ионизирующих источников излучения (ИИИ): техногенные источники за счет нормальной эксплуатации техногенных источников излучения; техногенные источники в результате радиационной аварии; природные источники; медицинские источники.

Техногенная радиоактивность является следствием антропогенной деятельности, в результате которой создаются различные источники ионизирующего излучения, которые прямо или косвенно воздействуют на

окружающую среду или жизнь и здоровье человека. К таким источникам можно отнести: АЭС, всевозможную технику, в том числе и военную, использующую в качестве источника энергии ядерный реактор; места добычи и разработки горных пород, имеющих в составе определённый процент минералов с содержанием радиоактивных элементов; ядерно-топливный цикл, включающий также захоронение, рекуперацию отходов и места захоронения; техника, имеющая в своем составе РИТЭГ (радиоизотопный термоэлектрический генератор), а также медицинская техника и радио-фармпрепараты.

На территории острова Котлин также имеются объекты, которые потенциально могут влиять на общую дозовую нагрузку населения. К таким объектам можно отнести «Городскую больницу Иоанна Кронштадтского», имеющую несколько корпусов в черте города, в том числе и «Противотуберкулёзное отделение городской больницы № 36». Для диагностики туберкулёза в первую очередь используют рентгенографическое исследование грудной клетки. Так как в любом месте работы или обучения требуется справка о пройденной флюорографии, как мере профилактики туберкулёза, можно сделать вывод о систематических вкладах техногенных источников ИИ в облучение жителей г. Кронштадт.

В городе несколько военных частей с пристанями для кораблей и подводных лодок, которые можно рассматривать как потенциальные источники ИИ. Также учитывая розу ветров можно предположить, что при аварии на энергоблоках Ленинградской АЭС с большой долей вероятности часть радиоактивных осадков осядет на территории острова Котлин. На рисунке 2.4 представлена роза ветров свойственная Кронштадту, на рисунке 2.5 – схема течений Финского залива.

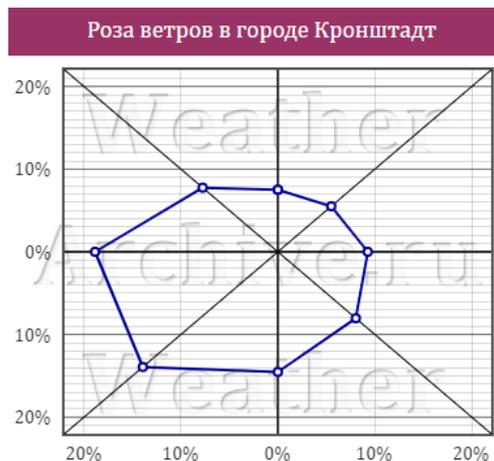


Рисунок 2.4 – Роза ветров в городе Кронштадт [15]

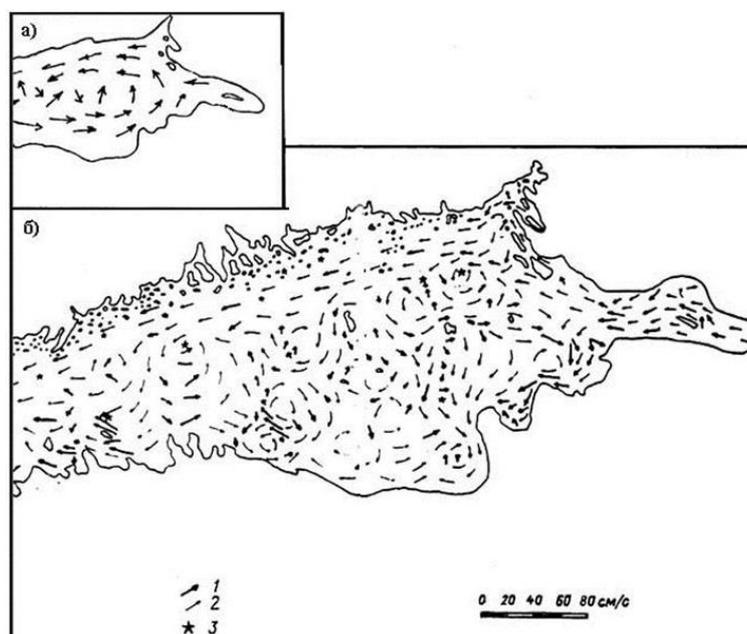


Рисунок 2.5 – Схема постоянных течений Финского залива. [16]

a) – среднегодовая циркуляция; *б)* – по данным аэрофотосъемки: 1 и 2 – соответственно измеренные и предполагаемые течения; 3 – плавмайки.

Анализируя схему постоянных течений в Финском заливе и расположение атомных электростанций РФ и стран-членов ЕС на побережьях, складывается общая картина возможного радиационного заражения исследуемой области за счет переноса радиоактивных элементов течениями, образованными вследствие возможных радиационных аварий на станциях Loviisan Voimalaitos (Финляндия) и ЛАЭС (Россия) в направлении защитного комплекса сооружений и самого острова Котлин.

3 Способы измерения ионизирующих излучений

Принципы обнаружения ионизирующих излучений (нейтронов, протонов, электронов, тяжелых ионов, альфа-частиц и гамма-лучей) базируются на их способности ионизировать среду распространения, то есть создавать ионы вещества либо различные изотопы при неупругом взаимодействии. Ионизация является причиной физических и химических изменений структуры вещества, которые могут быть обнаружены и измерены. Из последствий ионизации среды

можно выделить несколько заметных изменений, поддающихся измерению и регистрации: улучшенная электропроводимость вещества, люминесценция, засвечивание фотоматериалов, изменение цвета, изменение окраски или прозрачности отдельных химических растворов, изменение сопротивления газов электрическому току. [17]

Соответствующие методы обнаружения и измерения ионизирующих излучений названы: фотографический; сцинтилляционный; химический; ионизационный; электростатический.

Фотографический метод основывается на степени почернения фотоэмульсии, на которую воздействует излучение. Фотоэмульсия, как правило состоит из бромида серебра, который разлагается вследствие взаимодействия с излучением. Металлическое серебро при этом вызывает почернение рабочей поверхности при проявлении. Таким образом, чем больше энергии ионизирующего излучения поглощено материалом, тем более выраженное почернение материала просматривается при проявке. Дозу поглощенного излучения определяют путем сравнения отобранного материала с эталонными образцами. По такому принципу работают индивидуальные фотодозиметры. [17]

Сцинтилляционный метод основывается на способности некоторых веществ (ZnS , NaI , $CaWO_4$, $Ba[Pt_4]$, $C_{10}H_8$, $C_{11}H_{12}N_2O$) производить вспышки света, при прохождении сквозь них ионизирующего излучения. Число вспышек зависит от мощности излучения и регистрируется с помощью фотоэлектронных умножителей (ФЭУ). По такому принципу работают сцинтилляционные дозиметры.

Химический метод основывается на изменении структуры вещества, растворенного в растворе. Таким образом, $CHCl_3$ в растворе, при взаимодействии с ионизирующим излучением, разлагается образуя соляную кислоту, которая меняет цвет индикатора кислотности, добавленного к раствору. По изменению цвета и его насыщенности судят о количестве выделившейся кислоты и

соответственно о поглощенной дозе. По такому принципу работают химические дозиметры ДП-70.

Ионизационный метод. Данный метод базируется на принципе определения ионизационного тока, который возникает между двумя электродами, помещёнными в изолированный объем, как правило это колба. Колба наполнена инертным газом (Ne, Ar, Xe, Kr), который электрически нейтрален и между электродами ток не проходит. При воздействии ионизирующего излучения атомы газа преобразуются в ионы, тем самым притягиваясь к положительно или отрицательно заряженному электроду. Таким образом возникает ток, именуемый ионизационным. Измерение силы такого тока дает возможность судить об интенсивности излучения. Такой метод используется в большинстве современных дозиметров, а также в счётчике Гейгера.

Электростатический метод. На подвижный и неподвижный электроды, помещенные в герметичный цилиндр, на изоляторах подается напряжение. В результате взаимодействия зарядов на оси подвижного электрода появляется вращающий момент, пропорциональный поданному напряжению и уравновешенный пружиной. При ионизации газа, заполнившего цилиндр, возникает электрический ток, который уменьшает имеющийся потенциал. При этом подвижный электрод, соединенный со шкалой, поворачивается, так как действие пружины становится сильнее отталкивающего электростатического момента. [17]

3.1 Дозиметры, дозиметры – радиометры

Для обнаружения, измерения и характеристика ионизирующего излучения используются дозиметры.

Дозиметры могут измерять один или сразу несколько видов излучения, в зависимости от технического оснащения и размера это - α , β , γ , рентгеновское

или нейтронное излучение. Дозиметры, применяющиеся для комплексного обследования на наличие нескольких видов излучений, как правило относятся к профессиональным и имеют высокую стоимость, а также более сложное техническое оснащение.

В современном мире все дозиметры в основном делятся на три больших класса, объединяющих в себе схожие по принципу работы и строения дозиметры:

- радиометры, контролируют активность излучения от источника и определяют плотность потока α - и β -излучения, которое воздействует на дозиметр или другой объект на заданном расстоянии;

- дозиметры, измеряющие количество энергии, которая передается объектам за счет облучения и ионизации;

- спектрометры, как класс приборов, анализирующих спектр и энергию испускаемых частиц, которые использует для классификации того или иного радиоизотопа.

Классы в свою очередь делятся на группы по видам воспринимаемого излучения: α -, β -, γ -, рентгеновского, нейтронного или нескольких сразу. Однако, так как принцип действия внутри класса схож, то применяется более простое деление на бытовые и профессиональные дозиметры:

- **бытовые** – зачастую дешёвые (относительно профессиональных) и не занимающие большого места, предназначенные для информирования о превышении допустимого уровня радиоактивного излучения в конкретном месте. Бытовые приборы не способны выдать накопленную дозу радиации за определённый период, и сами функции и область применения прибора ограничены;

- **профессиональные приборы** отличаются часто большим размером и дороговизной, но они обладают высокой чувствительностью, широким диапазоном и точностью измерений, что позволяет с большой точностью определить исследуемые характеристики излучения и охарактеризовать его на

наличие опасности. Профессиональные приборы в основном используются для проведения государственных мониторингов состояния окружающей среды, в экологических организациях и т.д. Имеют способность отслеживать накопленную дозу излучения. Также эта группа приборов делится на портативные и лабораторные дозиметры, с разницей по весу и объему прибора, а также необходимостью постоянного источника тока.

Дозиметры-радиометры (поисковые дозиметры) – многофункциональные устройства, обладающие высокой скоростью реакции на изменение радиационного фона, хоть и характеризующиеся небольшой точностью измерений. Используются такого рода дозиметры чаще для обнаружений источников радиоактивного излучения, которые в основном представлены гамма-излучателями. В данном случае дозиметр определяет эквивалентную дозу, которая характеризует биологический эффект облучения организма ионизирующим излучением. Некоторые модели способны измерять нейтронное излучение. Применяются дозиметры в первую очередь в атомной промышленности и службах экологического надзора и мониторинга.

Дозиметр Soeks Quantum, представленный на рисунке 3.1, предназначен для измерения накопленной дозы радиации, оценки уровня радиоактивного фона и обнаружения предметов, продуктов питания, строительных материалов, зараженных радиоактивными элементами. Осуществляет оценку радиационного фона по величине мощности ионизирующего излучения (гамма-излучения и потока бета-частиц) с учетом рентгеновского излучения. Имеет сертификат соответствия международному стандарту ISO 9001 и сертификат соответствия Федерального Агентства по техническому регулированию и метрологии (Приложение Б). Данный дозиметр будет применяться в исследовании гамма-фона на территории острова Котлин и г. Кронштадт. [18]



Рисунок 3.1 – Внешний вид дозиметра Soeks Quantum.

В качестве датчиков регистрации излучения в дозиметре имеются 2 счетчика Гейгера-Мюллера СБМ-20-1. Схема данного счетчика приведена на рисунке 3.2. Они расположены с правой и левой стороны прибора в перфорированной области.

Принцип работы счетчика Гейгера-Мюллера СБМ-20-1

Газоразрядный счетчик Гейгера-Мюллера, зачастую выполняется в виде стеклянной или металлической колбы или трубки, наполненной инертным газом, не проводящим электрический ток. Также допускается добавление некоторых галогенов или спиртов. Внутри расположена тонкая проволока, являющаяся анодом, а соосно с ней находится металлический цилиндр – катод. К аноду подключается плюс постоянного напряжения, а к катоду минус. При малых размерах анода увеличивается чувствительность счётчика, потому что он обладает большей напряженностью электрического поля.

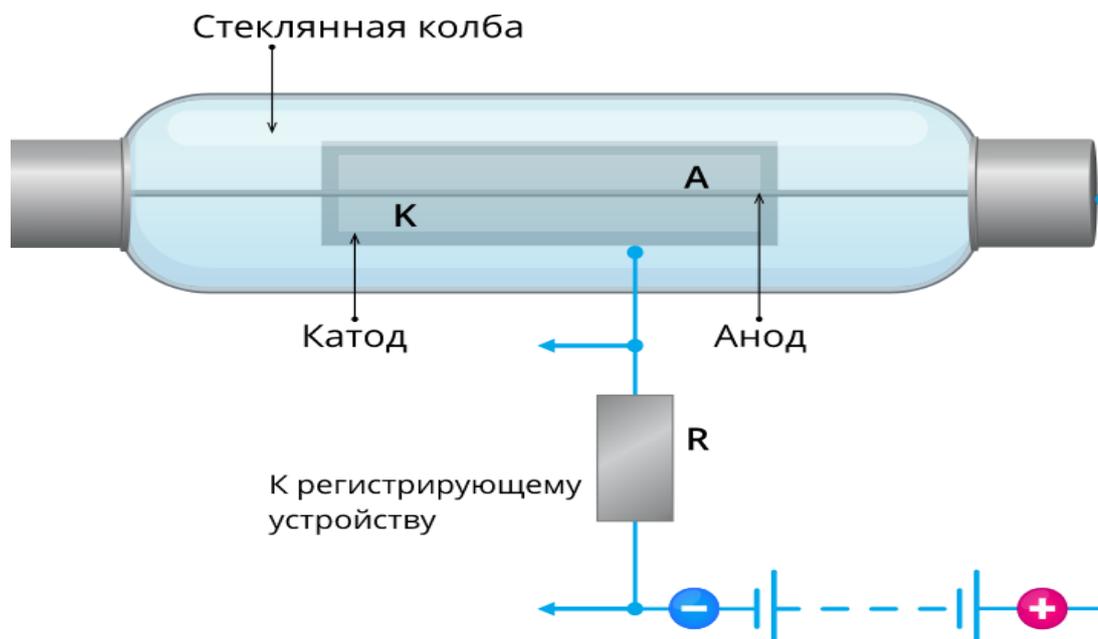


Рисунок 3.2 – Схема устройства счетчика Гейгера-Мюллера модели СБМ-20

При прохождении частицы ионизирующего излучения через счётчик, инертный газ, находящийся в напряжении, сталкивается с частицей и её собственной энергии хватает для ионизации атома и отрыва электрона, который впоследствии и сам может сталкиваться с атомами газа. Под воздействием электрического поля на газ в камере, отрицательно заряженные электроны притягиваются к аноду, а положительные ионы к катоду. По такому принципу возникает электрический ток, поступающий до того момента пока частица не израсходовала свой запас энергии или не кончились положительно заряженные ионы в камере.

При попадании в счетчик Гейгера-Мюллера ионизирующей частицы, напряжение и сопротивление камеры падает из-за возникшего тока. Постепенно сопротивление камеры приходит к изначальному уровню и напряжение становится прежним. Таким образом, получается отрицательный импульс, так как при его формировании напряжение снижается, при котором можно посчитать число прошедших сквозь камеру частиц.

Включая дозиметр, сразу начинается оценка радиоактивной обстановки, и в течение 10 секунд выдаётся первый результат измерения. Цикл измерений длится 10 секунд, что дает прибору достаточно точно определить радиообстановку. Измерения идут один за другим непрерывно, пока прибор не выключится. Максимально точные результаты измерений прибор показывает при полностью заполненном индикаторе точности (стр.13, п.15) [18]. В таблице 3.1 приведены технические характеристики дозиметра Soeks Quantum.

Измерение радиационного фона предметов

Для измерения радиационного фона пищевых продуктов, стройматериалов и других предметов надо произвести следующие действия:

1. Измерить уровень радиационного фона на некотором расстоянии от исследуемого объекта.
2. Поднести прибор непосредственно к исследуемому объекту стороной с датчиком и произвести измерение в непосредственной близости к объекту.
3. Сравнить полученные данные с уровнем природного фона, полученным в п.1. Полученная разница измерений между первыми двумя пунктами и является дополнительным радиационным фон от самого объекта.

Чтобы оценить радиоактивность жидкостей, рекомендуется расположить прибор непосредственно над ёмкостью с жидкостью, предварительно накрыв её пищевой плёнкой, которая предотвратит радиоактивное заражение дозиметра, и вместе с тем не помешает прохождению частиц излучения к прибору.

Таблица 3.1 – Технические характеристики дозиметра Soeks Quantum [18]

Диапазон показаний уровня радиоактивного фона, мкЗв/ч	до 1 000
Диапазон измерения накопленной дозы, Зв	до 1000

Время накопления дозы	до 999 дней
Накопление истории измерения радиационного фона, не менее	24 часа с шагом 10 секунд
Регистрируемая энергия гамма-излучения, МэВ	от 0,1
Пороги предупреждения, мкЗв/ч	от 0,3 до 100
Время измерения, секунд	10
Индикация показаний	Непрерывная, числовая, графическая
Элементы питания, дополнительное питание	Аккумуляторы или батарейки AAA, от сетевого адаптера или USB
Диапазон напряжения питания, В	1,9 - 3,0
Время непрерывной работы изделия, не менее, часов**	до 700
Габаритные размеры высота x ширина x толщина, не более, мм	130x52x18
Масса изделия (без элементов питания), не более, гр.	71
Ток заряда аккумуляторов, не более, мА	300
Потребляемый ток от зарядного устройства или USB, не более мА	500
Напряжение на выходе зарядного устройства	от 4,5 до 5,5 В
Дисплей	Цветной TFT, 128x160
Диапазон рабочих температур, °С	от -20 до +60

4 Натурные измерения гамма-фона на территории о. Котлин и их анализ

Практическая часть выпускной квалификационной работы была выполнена на территории острова Котлин с помощью дозиметра-радиометра Soeks Quantum при поддержке ассистента кафедры «геоэкологии,

природопользования и экологической безопасности» А.Я. Лисовского. Измерения проводились по 20 раз из положения «у земли» и 20 раз из положения «на высоте 1,5 м».

Всего обследовано 36 станций в черте города, среди которых имеются объекты культурного наследия, социальной инфраструктуры (школы, детские сады, детские площадки), туристско-рекреационный кластер «Остров фортов» и места массового скопления людей. На карте (Рис. 4.1- 4.4) схематично показано расположение всех 36 станций. Усреднённые данные измерений будут представлены в Таблице 4.1. Полный список измерений в Приложении В.

В дозиметре-радиометре установлены заводские пороги классификации мощности излучения, основанные на нормах радиационной безопасности НРБ – 99/2009. Информационное сообщение о состоянии радиационного фона, меняется автоматически в режиме «Измерение» каждые десять секунд.

- если результат измерения радиационного фона меньше 0,4 мкЗв/ч., то появляется сообщение «РАДИАЦИОННЫЙ ФОН В НОРМЕ» зеленым шрифтом.
- если результат измерения радиационного фона составляет 0,4-1,2 мкЗв/ч., то появляется сообщение «РАДИАЦИОННЫЙ ФОН ПОВЫШЕН» желтым шрифтом.
- если результат измерения радиационного фона превышает 1,2 мкЗв/ч., то появляется сообщение «ОПАСНЫЙ РАДИАЦИОННЫЙ ФОН» красным шрифтом.

На рисунках 4.1 – 4.4 представлены схемы районов наблюдений с обозначением конкретных станций, где производились измерения гамма-излучения.

Таблица 4.1 – Усреднённые натурные измерения радиационного гамма-излучения.

Номер станции	Среднее значение «у земли» мкЗв/ч.	Среднее значение «на высоте 1,5м» мкЗв/ч.
1	2	3
1	0,28	0,27
2	0,34	0,23
3	0,23	0,20
4	0,31	0,27
5	0,37	0,31
6	0,29	0,25
7	0,33	0,21
8	0,46	0,23
9	0,22	0,22
10	0,35	0,32

Первая группа станций (№1-6) располагается в районе жилой застройки,

11	0,34	0,23
12	0,35	0,26
13	0,36	0,26
14	0,37	0,28
15	0,32	0,31
16	0,64	0,39
17	0,35	0,22
18	0,28	0,22
19	0,42	0,33
20	0,60	0,34
21	0,40	0,29
22	0,40	0,32
23	0,40	0,32
24	0,35	0,28
25	0,40	0,28
26	0,41	0,27
27	0,82	0,27
28	0,23	0,22
29	0,44	0,30
30	0,46	0,19
31	0,14	0,17
32	0,59	0,34
33	0,49	0,42
34	0,48	0,31
35	0,25	0,25
36	0,25	0,20

как видно из рисунка 4.1, с развитой социальной инфраструктурой. Станции были выбраны с целью оценить безопасность нахождения жителей города, в том числе детей, на территории детских площадок, развлекательных и образовательных зон. К которым как правило применяются повышенные требования в области радиационной опасности.

Станция №1 располагается между домами № 38 и №36 по ул. Кронштадтское шоссе на автопарковке. Через это место каждый день проходят сотни людей, пользующихся общественным транспортом и потенциально могут подвергаться ионизирующему излучению. В ходе измерений было выявлено, что радиационный фон соответствует норме и колеблется на уровне 0,27-0,28 мкЗв/ч.

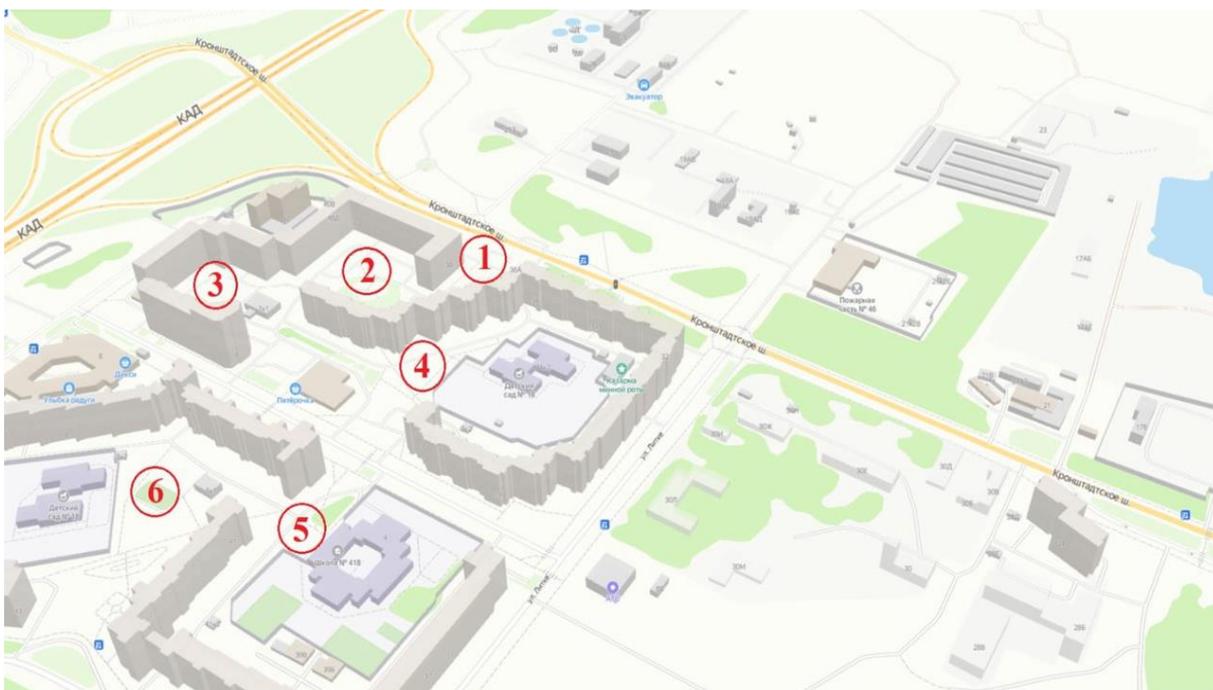


Рисунок 4.1 – Схематичное расположение станций №1-6 при въезде в г. Кронштадт.

На станциях №2, №3, №4, №6 находятся детские площадки, при измерении гамма-фона замечена закономерность, что на объектах с резиновым покрытием значения дозиметра как правило больше на 0,09- 0,01 мкЗв/ч. в сравнении с площадками на которых используется каменная плитка. Однако, показатели остаются в норме, согласно определению прибора.

Пятое место обследования в этой группе находится на входе в ГБОУ СОШ № 418 и территорию спортивной площадки. Вокруг точки имеется обыкновенная тротуарная плитка и здание школы, выполненное из кирпича. Тем не менее радиационный фон немного выше по сравнению с предыдущими станциями на

уровнях «у земли» и «на высоте 1,5 м» и составляет 0,37 мкЗв/ч. и 0,31 мкЗв/ч. соответственно. Уровень гамма излучения остается в норме. Нормы радиационной безопасности не нарушены.

Следующая группа измерений (Станции №7-12) проводилась вдоль Цитадельской дороги и на территории туристско-рекреационного кластера «Остров фортов». Станция №7 находится на перекрестке Кронштадтского шоссе и Цитадельской дороги. Опасность может представлять большой гранитный валун, лежащий возле пешеходного перехода, так как жители, переходящие дорогу, соблюдая ПДД должны ожидать зеленого сигнала светофора на протяжении 60 секунд. При измерениях было выявлено, что угрозы этот объект не представляет и значения природного радиационного фона гранита 0,33 мкЗв/ч. и 0,21 мкЗв/ч. «у земли» и «на высоте 1,5 м» соответственно, не превышают нормативных значений.



Рисунок 4.2 – Схематичное расположение станций №7-12 в г. Кронштадт.

Станция №8 находится на входе в Кронштадтское лютеранское кладбище построенное в 1703г. у мемориала примирения «Кенотаф советским и немецким морякам», выполненного из цельного куска гранитной породы. Место выбрано не случайно, так как на территорию кладбища часто приходят горожане почтить память предков, проходя мимо этого мемориала. Особенную актуальность это

приобретает во время майских праздников и Дня Победы. При проведении измерений прибор информировал о повышенном радиационном фоне. «У земли» средний показатель был 0,46 мкЗв/час, а «на высоте 1,5 м» 0,23 мкЗв/час. Хотя отдельные значения были 0,77 мкЗв/час и 0,52 мкЗв/час. Согласно санитарным правилам и нормативам СанПиН 2.6.1.2523-09 приемлемая дозовая нагрузка на население составляет до 5 мЗв/год, на данной станции при постоянном нахождении у постаментов годовая нагрузка будет исчисляться в 4,055 мЗв/год. Радиационный фон в норме.

Станция № 9 располагается посередине пешеходной дорожки у входа в парк «Остров фортов». Следует отметить, что под территорией парка проходит газовая магистраль, которая может являться радиационно-опасным объектом. Это обуславливает актуальность мониторинга окружающей среды в зоне общественного пользования. Слева от точки располагается администрация парка и музейно-исторический комплекс, а справа отделение службы газового хозяйства «ПЕТЕРБУРГГАЗ». Пешеходная зона покрыта асфальтом, что снижает возможное негативное воздействие радиации. Натурные измерения показали, что в данной точке самые низкие показатели гамма фона на территории парка. Из положения «у земли» средние значения дозиметра были 0,22 мкЗв/час, аналогично и из положения «на высоте 1,5 м». Радиационный фон в норме.

Станция № 10 находится у памятника «Адмирал Н.О. фон Эссен» на аллее Российского флота внутри парка «Остров фортов», где располагается всего 11 мемориалов. Тротуар вокруг постаментов выложен облицовочной гранитной плиткой, а пешеходная зона обыкновенной каменной. Точка выбрана для оценки риска нахождения людей вблизи мемориалов на этой аллее, так как горожане часто приходят туда с детьми, которые любят близко взаимодействовать с памятниками. «У земли» средний показатель был 0,35 мкЗв/час, а «на высоте 1,5 м» 0,32 мкЗв/час. Это соответствует норме.

Одиннадцатая станция располагается в фотозоне у арт-объекта «Корабль», имеющего панораму на Финский залив и веранду для фотографий. Это место

часто используют посетители парка. По кругу объект укреплен кусками колотого гранита, так как находится на песочно-илистом берегу, имеющем повышенную вероятность просадки грунта. Также справа от фотозоны выходят на поверхность участки газопровода, принадлежащего соседствующей компании. Из положения «у земли» средние значения дозиметра были 0,34 мкЗв/час и из положения «на высоте 1,5 м» 0,23 мкЗв/час. Анализируя показатели прибора, можно сказать, что радиационный фон в норме.

Станция № 12 находится вблизи детской площадки на территории парка. На площадке имеется резиновое покрытие, однако, так как грунт имеет свойство просадки можно предположить, что под резиновым покрытием в качестве укрепления используются те же самые куски колотого гранита что и на станции №11. Спуск на берег укреплен таким образом. При измерении гамма фона были получены следующие данные: «у земли» 0,35 мкЗв/час и «на высоте 1,5 м» 0,26 мкЗв/час. Радиационный фон в норме.

Третья группа станций (№13-18) объединяет в себе точки, которые расположены вдоль дорог: Цитадельское шоссе, проспект Ленина, улица Макаровская. Точки охватывают как территорию средней общеобразовательной школы и детской площадки, так и несколько скверов с традиционно-гранитными памятниками.

Станция № 13 находится на территории Средней общеобразовательной школы № 425 имени академика П. Л. Капицы. Выбор места обусловлен важностью социально значимого объекта. Вокруг школы проходит пешеходная дорожка с покрытием из гравия с мелкой гранитной крошкой. Так как площадь соприкосновения гранита с окружающей средой увеличилась за счет дробления камня, потенциально возросла его опасность. Потому что основная масса радиоизотопов содержится в кварцевых включениях гранита. Проводя измерения было выяснено, что радиоактивность покрытия не превышает установленных пределов и является приемлемой, с значениями «у земли» 0,36 мкЗв/час и «на высоте 1,5 м» 0,26 мкЗв/час. Радиационный фон в норме.



Рисунок 4.3 – Схематичное расположение станций №13-18 в г. Кронштадт.

Станции №14 и №15 находятся в границах сквера Инчхон. Под номером 14 источником ИИ был выбран памятный камень, выполненный из гранита, при входе в сквер, а под номером 15 была выбрана детская площадка, огражденная с двух сторон южным ботардо. Южное ботардо было возведено в 1825 году и построено из кирпича, с усилением бутовым камнем и гранитом. В начале 19 века явление радиоактивности еще не было открыто, поэтому люди не подозревали что могут подвергать себя опасности. Спустя почти 200 лет здесь стоит детская площадка и, так как радиационный контроль при установке защитных сооружений не проводился, было принято решения включить данную точку в список станций исследования. Натурные измерения показали, что памятный камень на входе (станция №14) выполнен из более свежего гранита и этим обусловлен более высокий гамма фон, чем у ботардо, построенного в 1825 году. На станции №14 «у земли» 0,37 мкЗв/час и «на высоте 1,5 м» 0,28 мкЗв/час, а на станции №15 «у земли» 0,32 мкЗв/час и «на высоте 1,5 м» 0,32 мкЗв/час. Однако ботардо способствует более плотному потоку гамма лучей на местности, так как ограждает площадку с двух сторон, что видно из измерений.

Станция № 16 представляет собой памятник «Морякам-подводникам», расположенный в сквере Подводников по адресу: город Кронштадт, проспект Ленина, 61, сквер Подводников. Прямоугольная гранитная стела с основанием размером три на пять метров, которая располагается на пятиступенчатом основании, с лицевой стороны имеется гранитный барельеф в виде всплывающей подводной лодки. Так как сквер Подводников находится на одной из центральных улиц Кронштадта у него всегда собирается много туристов, также он включен в туристические маршруты некоторых турфирм. При обследовании было выяснено, что радиационный фон повышен в непосредственной близости к стеле. (рисунок 4.5) Показания прибора: «у земли» 0,64 мкЗв/час и «на высоте 1,5 м» 0,39 мкЗв/час, что соответствует 5,63268 мЗв/год и 3,44268 мЗв/год соответственно. Согласно санитарным правилам и нормативам «СанПиН 2.6.1.2523-09» приемлемая дозовая нагрузка на население составляет до 5 мЗв/год. Из положения «у земли» эффективная дозовая нагрузка превышает верхний порог приемлемого уровня излучения и классифицируется согласно СанПиНу 2.6.1.2523-09 как повышенное облучение населения.

Следующая группа станций (№19-27) находится в Петровском парке и на набережной между Зимней пристанью и Петровским каналом. Петровский парк и прилегающие территории являются одними из главных достопримечательностей Кронштадта с которыми связано много исторических событий. Также в навигационный период на Зимнюю пристань приходит множество экскурсионных теплоходов из Санкт-Петербурга, и туристы первым делом идут в Петровский парк и его окрестности. Пять станций находятся внутри Петровского парка, три на набережной и одна на пересечении Макаровской улицы и улицы Красной.



Рисунок 4.4 – Схематичное расположение станций №18-27 в г. Кронштадт.



Рисунок 4.5 – Показания дозиметра-радиометра в положении «у земли» возле памятника «Морякам-подводникам» (Станция № 16).

Станция № 17 находится у памятника В.И. Ленину, основание которого выполнено из гранита, возле пересечения улиц Карла Маркса и Сургина в небольшом сквере. Сквер оборудован местами для отдыха (деревянные скамьи) и горожане иногда останавливаются в нём. В ходе измерений превышений не выявлено. Показатели остаются в пределах допустимых значений: «у земли» 0,35 мкЗв/час и «на высоте 1,5 м» 0,22 мкЗв/час. Радиационный фон в норме.

Станция № 18 находится у поворотного механизма Докового моста через Петровский канал. Своды канала и прилегающие пешеходные дорожки вдоль канала выполнены из гранитных плит, которые могут являться источником ИИ. Доковый мост является одной из достопримечательностей г. Кронштадт, поэтому экскурсии часто останавливаются в границах станции, с которой виден поворотный механизм, чтобы прослушать историческую справку. При измерении гамма фона были получены следующие данные: «у земли» 0,28 мкЗв/час и «на высоте 1,5 м» 0,22 мкЗв/час. Радиационный фон в норме.

Станции №19, №21, №24, №25 располагаются на входе в парк, выходе из него, и площадках для отдыха соответственно. Покрытие дорожек состоит из мелкого гравия и гранитной крошки одной марки, о чём свидетельствуют незначительно отличающиеся показания прибора. В среднем «у земли» значения не превышали 0,40 мкЗв/час, а «на высоте 1,5м» 0,28-0,29 мкЗв/час. Подробнее данные приведены в таблице 4.1. Уровень радиационного фона на этих станциях в норме.

На станции № 16, как видно из рисунка 4.5, радиационный фон на уровне гранита – превышает норму. На станции № 20 у памятника Петру Первому в Петровском парке также наблюдался повышенный радиационный фон, как видно на рисунке 4.6 в положении «у земли», составлявший в среднем 0,60 мкЗв/час, и в положении «на высоте 1,5м» 0,34 мкЗв/час. Основание и ступени выполнены из гранита, а сам памятник возведён в 1841 году, однако, сила гамма излучения остаётся повышенной до сих пор. Пиковые значения достигали 0,75 мкЗв/час. Памятник располагается в середине парка, на центральной дорожке. Вокруг него постоянно собираются экскурсионные группы.



Рисунок 4.6 – Показания дозиметра-радиометра в положении «у земли» возле памятника Петру Первому (Станция № 20).

Станция № 22 располагается на смотровой площадке набережной, которая часто используется как фотозона с видом на Финский залив и военные корабли у причала. (рисунок 4.7) Площадка состоит из цельных гранитных блоков. Значения прибора показывают 0,40 мкЗв/час «у земли» и 0,32 мкЗв/час «на высоте 1,5м», что дает основания предположить о родстве пород гранита, использованных в парке при строительстве дорожек и набережной. Также идентичные показания были обнаружены при обследовании станции №23, представляющей собой гранитное ограждение набережной с установленной вглубь стены пушкой.



Рисунок 4.7 – Студент группы ЭБ18-1-8 Яцкевич А.С., автор данной ВКР, проводит измерения на станции №22 из положения «на высоте 1,5м».

Станция № 26 находится в юго-восточной части Петровского парка и представляет собой памятник «Морякам-героям Цусимского сражения», основание которого выполнено из цельного куска гранитной породы. Вокруг него имеется облагороженная площадка 5х7 метров с покрытием из гранитной брусчатки, которая потенциально может вносить свой вклад в общую дозовую нагрузку посетителей памятного места. При проведении измерений гамма фона были получены следующие данные: «у земли» 0,41 мкЗв/час и «на высоте 1,5 м» 0,27 мкЗв/час. Радиационный фон в норме.

Станция № 27, находящаяся на пересечении улиц Макаровской и Красной, является памятником с табличкой о указе к предоставлению г. Кронштадту звания города-героя. Стела выполнена из среднезернистого гранита. При проведении измерений было замечено что радиационный фон заметно превышает фон соседних станций, как показано на рисунке 4.8. Пиковые значения достигали 100 мкЗв/час «у земли». Средние значения составили

«у земли» 0,82мкЗв/час и «на высоте 1,5 м» 0,27 мкЗв/час. При 0,82мкЗв/час почти в полтора раза превышает приемлемый порог облучения при переводе единиц измерения в мЗв/год, что составит 7,19634 мЗв/год. Такой гамма фон можно охарактеризовать как повышенный.



Рисунок 4.8 – Показания дозиметра-радиометра из положения «у земли» на станции № 27.

Заключительная часть радиометрического исследования пришлась на самое популярное и посещаемое место в Кронштадте – Якорную площадь. Схема расположения станций вблизи этого района показана на рисунке 4.9. Группа станций состоит из девяти точек (Станции № 28-36), расположенных в самых посещаемых местах. На площади находится Вечный огонь, памятник адмиралу С.О. Макарову, Никольский Морской собор. Также в прилегающих скверах находится несколько памятных мест. Туристические экскурсии всегда останавливаются в этих местах подолгу, так как площадь является историческим местом.

Станция № 28 находится около памятника «герою. Советского Союза Василию Марковичу Жильцову» перед входом на Макаровский мост со стороны улицы Красной. Памятник был установлен в 2008 году из свежедобытого гранита и находится рядом с людными местами, поэтому было принято решение провести исследование гамма фона. По итогу исследования было выявлено: «у земли» 0,23 мкЗв/час и «на высоте 1,5 м» 0,22 мкЗв/час. Таким образом памятник соответствует нормам радиационной безопасности и не представляет угрозы. Радиационный фон в норме.

Станция № 29 находится прямо под Макаровским мостом у северной опоры, выполненной из гранитных блоков. Так как железный каркас моста располагается непосредственно над гранитной опорой, то нельзя исключить возможное негативное влияние ионизирующего излучения. Данные полученные при измерениях наглядно показывают разницу времени постройки объектов. При действующих нормах радиационной безопасности и современной постройке радиационный фон примерно соответствует Станции №28, а на данном объекте, построенном в 1913 году, гамма фон почти вдвое превышает предыдущие значения. Результаты: «у земли» 0,44 мкЗв/час и «на высоте 1,5 м» 0,30 мкЗв/час. Радиационный фон в норме.

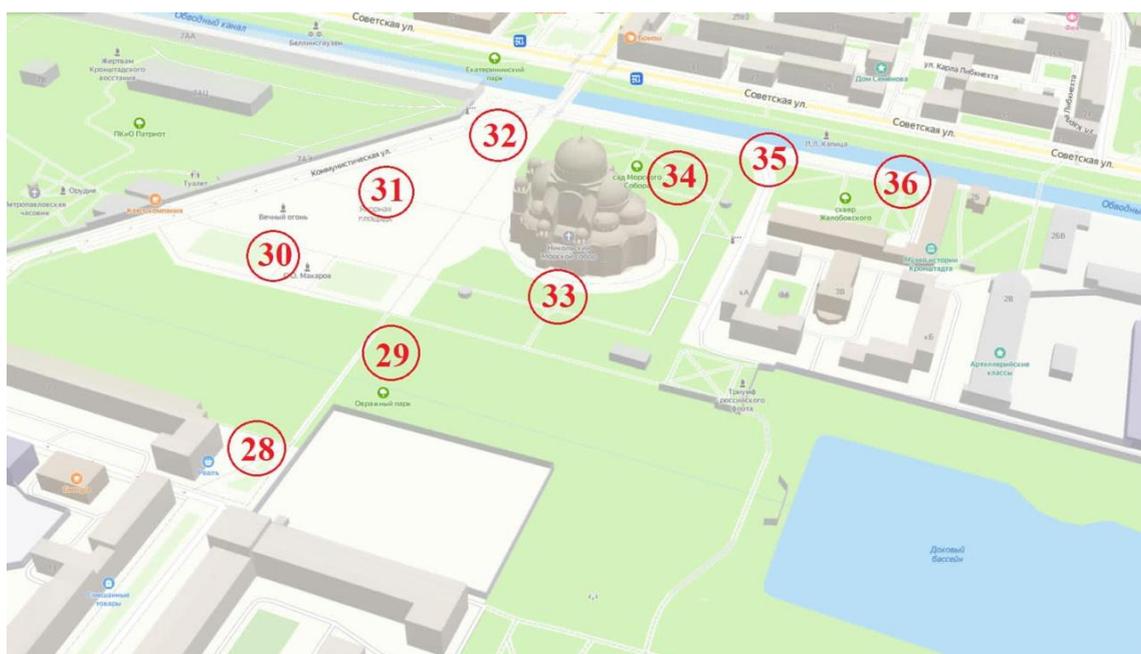


Рисунок 4.9 – Схематичное расположение станций №28-36 в г. Кронштадт.

Станция № 30 расположена у памятника С.О. Макарову на Якорной площади. Интересно, что основание памятника изготовлено из 160-тонной гранитной скалы, пролежавшей на дне Финского залива больше ста лет после крушения баржи перевозившей строительные материалы из Выборга в Санкт-Петербург. Это место является довольно популярным для посещения людьми, а гранит даже спустя сотни лет не утратил своей природной радиоактивности, поэтому проведения исследования на этой точке является актуальной задачей. При снятии натурных измерений «у земли» гамма фон был 0,46 мкЗв/час и «на высоте 1,5 м» 0,19 мкЗв/час. Такие значения получились потому что вплотную подойти к памятнику не получается. Однако они являются более актуальными, так как люди редко перелезают через ограждения. Радиационный фон в норме.

Станция № 31 находится ровно посередине Якорной площади в излюбленном туристами месте для фотографий. Находится в историческом центре города между Советской улицей и Обводным каналом — в северной части, техническим оврагом Петровского дока и Манежным переулком — в южной части. С запада площадь ограничена стеной кронштадтского адмиралтейства, с востока — сквером Кронштадтского Морского собора. Установить принадлежность материала мостовой к какой-либо горной породе не удалось. С помощью радиометрического обследования можно предположить, что мостовая состоит не из гранита, так как «у земли» показания были 0,14 мкЗв/час и «на высоте 1,5 м» 0,17 мкЗв/час. Радиоактивный фон в норме. Такие значения не характерны для кислых интрузивных магматических пород. Повышение радиоактивного фона при удалении от земли можно объяснить суммарным фоном от всех источников, посредством взаимодействия с гамма-квантами, которые хаотичным образом движутся в направлении дозиметра. Энергия гамма-кванта определяет его пробег в окружающей среде, в нашем случае воздух. Поднимая дозиметр на высоту 1,5м мы увеличиваем вероятность

попадания таких частиц на считывающее устройство, так как площадь взаимодействия прибора и воздуха увеличивается. Энергия гамма-кванта определяет его пробег в окружающей среде, в нашем случае воздух.

Станция № 32 представляет собой памятник «Якоря с линкора Гангут», расположенный на самом берегу Обводного канала, недалеко от Якорной площади. Основание выполнено из семи цельных гранитных плит. Измеряя гамма фон на месте, были замечены как показания, превышающие норму дозиметра-радиометра, так и значения превышающие потенциальную приемлемую дозовую нагрузку в 5мЗв/год. Контрольные значения для данной станции: «у земли» гамма фон был 0,59 мкЗв/час и «на высоте 1,5 м» 0,34 мкЗв/час.

Станция № 33 находится с юго-западной стороны Никольского Морского собора между лестницей и клумбами, на пешеходной дорожке. Точка была выбрана из-за наличия большого количества гранитных составляющих таких как: гранитная облицовка клумб, гранитная тротуарная плитка, гранитная лестница юго-западного входа собора. Натурные измерения, полученные на станции: «у земли» гамма фон был 0,49 мкЗв/час и «на высоте 1,5 м» 0,42 мкЗв/час. Можно заметить, что произошло небольшое ослабление излучения при удалении прибора на 1,5м. Тогда как на некоторых других станциях с одиночным источником ИИ излучение падает почти в два раза. Это может быть связано с множественностью источников на станции, которые создают более плотный поток ионизации и повышают общее число гамма-квантов в среде.

Станция № 34 находится в саду Морского Собора и представляет собой памятник Федору Ушакову. Станция располагается в довольно проходном месте, так как туристы, перешедшие по Советскому мосту, сразу попадают ко входу в сад. Постамент высотой 1,75 метра выполнен из полированного гранита и установлен в 2015 году. Исследование помогло оценить риск нахождения у данного памятника. В положении «у земли» наблюдались значения, характеризующиеся как повышенные, как видно на рисунке 4.10. Таким образом у

земли радиационный фон оказался повышенным, но не превышающим приемлемый уровень облучения. На высоте 1,5 метра показания оказались уже скромнее. Натурные измерения: «у земли» 0,48 мкЗв/час и «на высоте 1,5 м» 0,31 мкЗв/час. Радиационный фон в норме.



А

Б

Рисунок 4.10 – Проведение измерений на станции № 34. (А - Студент группы ЭБ18-1-8 Яцкевич А.С., автор данной ВКР, проводит измерения на станции №34 из положения «на высоте 1,5м»; Б - Показания дозиметра-радиометра из положения «у земли» на станции №34).

Станция № 35 находится в восточном углу сада Морского Собора. Точкой измерений служит «Закладной камень будущего памятника жертвам Кронштадтских событий 1921», представляющий собой гранитный валун с гранитной памятной табличкой. Установлен в 1994 году. По результатам измерений видно, что радиационная опасность объекта находится в пределах нормы, так как средние значения составили «у земли» 0,25 мкЗв/час и «на высоте 1,5 м» 0,25 мкЗв/час. Радиационный фон в норме.

Последняя станция № 36 находится неподалёку, в соседнем сквере Желобского. Поскольку основной целью исследования являются природные источники ИИ, объектом в границах станции был выбран памятник «Протопресвитеру Александру Желобскому». Памятник установлен

относительно недавно, поэтому актуально проверить соблюдение норм радиационной безопасности для объекта, находящегося в 2,5 метрах от мест отдыха посетителей парка. «У земли» средний показатель был 0,25 мкЗв/час, а «на высоте 1,5 м» 0,20 мкЗв/час. Радиационный фон в норме.

В ходе радиометрического исследования территории о. Котлин и г. Кронштадт были получены натурные измерения актуального гамма фона (рисунок 4.11) от естественных источников излучения, которыми в подавляющем большинстве были объекты из гранита. Группа из 36 станций включала в себя: мемориалы и памятники, объекты культурного наследия, часто посещаемые туристами места и объекты социальной инфраструктуры (школы, детские площадки, парки). В границах станций имелись разные объекты из гранита: облицовочный гранит, гранитная тротуарная плитка, цельные гранитные плиты, колотый гранит (среднекусковой и мелкая крошка), гранитные основания памятников и т.д.

Объекты социальной инфраструктуры по результатам исследования имеют нормальный радиационный фон и соответствуют действующим нормативным актам. Некоторые объекты культурного наследия, мемориалы и памятники имеют гамма фон, классифицируемый дозиметром-радиометром как повышенный с измерением в мкЗв/час. Также имеются 4 точки с потенциальным превышением годовой эффективной дозы облучения в 5 мЗв/год.

Руководствуясь градуацией дозиметра-радиометра [18] относительно уровней радиационного фона можно выделить несколько станций, выходящих за пределы нормы, а именно: №8, №16, №19, №20, №27, №29, №30, №32, №33, №34. На данных точках наблюдались повышенные значения в основном из положения «у земли», что вполне естественно, поскольку гамма кванты от природных источников ИИ не имеют больших энергий и линейная плотность ионизации среды будет на пике непосредственно вблизи источника.

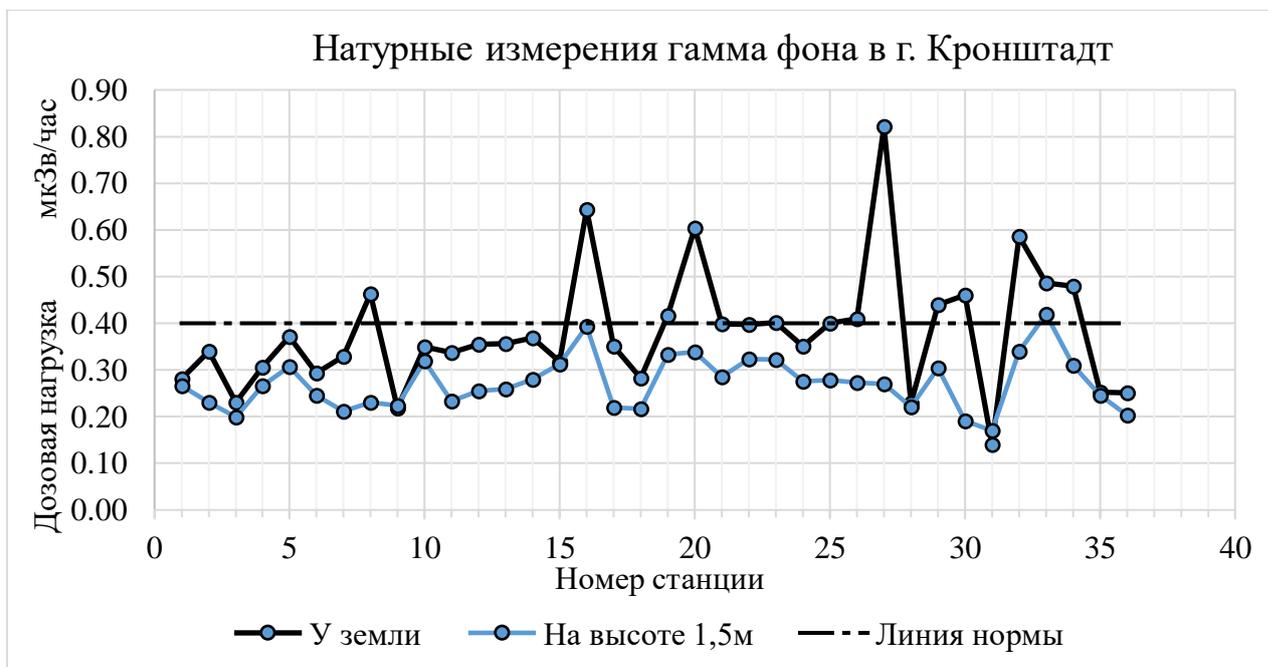


Рисунок 4.11 – График «Натурные измерения гамма фона в г. Кронштадт» в мкЗв/час.

Это связано с малой длиной пробега гамма квантов естественного происхождения по сравнению с техногенными источниками ИИ. В границах перечисленных выше точек гамма фон не превышал установленный порог безопасности с точки зрения кратковременного нахождения человека вблизи. Однако, при длительном и систематическом взаимодействии с такими объектами могут появиться негативные последствия для организма. Такая ситуация может возникнуть у работников: предприятий по переработке и добыче гранита; предприятий по установке гранитных сооружений; предприятий по систематическому уходу и осмотру таких объектов.

Используя в качестве порогов оценки «СанПиН 2.6.1.2523-09» (приемлемая дозовая нагрузка на население составляет до 5 мЗв/год), выделяются несколько станций с номерами: №16, №20, №27, №32 (Рисунок 4.12). В этих точках были зарегистрированы повышенные показатели гамма фона и довольно высокие пиковые значения до 1 мкЗв/час из положения «у земли». Однако, значения в положении «на высоте 1,5м» остаются стабильно ниже верхнего порога приемлемой дозы облучения населения от природных источников согласно «СанПиН 2.6.1.2523-09».

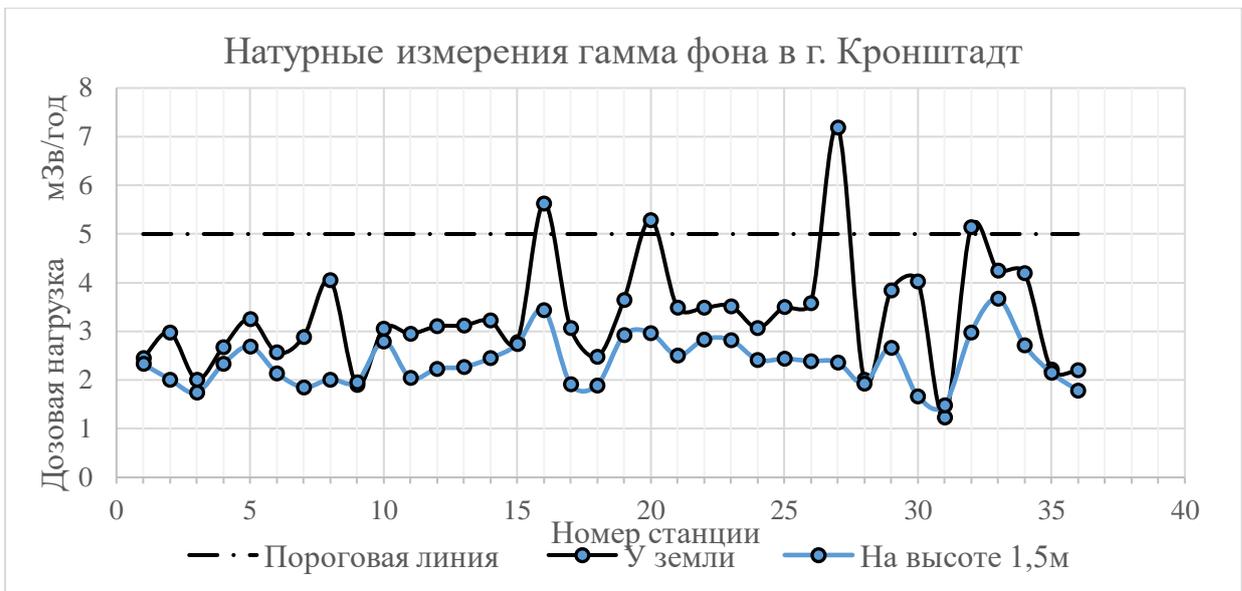


Рисунок 4.12 – График «Натурные измерения гамма фона в г. Кронштадт» в мЗв/год.

Повышенные значения могут быть следствием того, что эти объекты возведены до принятия норм радиационной безопасности, в частности станция № 16 в 1965 году, станция № 20 в 1841 году и т.д. Также радиационный фон напрямую зависит от месторождения и сорта гранитного материала. Безусловно, в этих точках наблюдается повышенный гамма фон, что может негативно сказаться на туристах и местных жителях, а также работниках разных предприятий, имеющих отношение к работам с гранитом или рядом с ним, при постоянном или систематическом взаимодействии.

5 Практические рекомендации

На территории города Кронштадт мной было исследовано 36 потенциально опасных станций с точки зрения радиационного облучения населения от природных источников ионизирующего излучения. Так как большинство станций с превышениями являются либо объектами культурного наследия, либо памятными местами, имеет смысл провести государственный мониторинг обозначенных зон и принять возможные меры по обеспечению условий, при которых радиационное воздействие будет ниже нормативного уровня, а именно:

– в первую очередь необходимо поставить в известность администрацию города Кронштадт и Северо-Западное межрегиональное управление Росприроднадзора о превышении показателей гамма фона по адресам: Кронштадт, угол Макаровской и Красной улиц (гранитная стела); Кронштадт, проспект Ленина, 61, сквер Подводников (памятник «Морякам-подводникам»); Кронштадт, Якорная площадь, северо-восточнее площади у берега Обводного канала (памятник «Якоря с линкора Гангут»); Кронштадт, Петровский парк (памятник «Петру Первому»).

– ограничить доступ туристов и населения к районам, прилегающим к станциям, на которых установлены объекты, выполненные из гранитов, с сходными показателями гамма излучения. Суть проблемы состоит в том, что граниты на обозначенных станциях имеют способность испускать электромагнитное излучение, которое оказывается выше верхнего порога приемлемого уровня.

– заменить материал или облицовку, имеющие повышенные показатели гамма излучения, на граниты другого типа с меньшей способностью к облучению. При невозможности или нецелесообразности с экономической точки зрения, установить санитарно-защитные зоны вокруг таких объектов, для

снижения негативного воздействия на окружающую среду и здоровье человека, путём установки ограждений.

– определить удельную активность данных гранитов, из которых сделаны объекты на станциях, и проверить на соответствие гигиеническим требованиям по ограничению облучения населения за счет природных источников ионизирующего излучения «СанПиН 2.6.1.2800-10».

– в случае несоответствия материала изделий нормативным актам, осуществить государственный мониторинг радиационной обстановки объектов, изготовленных из гранита такой же марки и добытого в один временной промежуток.

В качестве профилактики нарушений в сфере радиационной безопасности рекомендуется провести государственный мониторинг радиационной обстановки всех объектов (керамическая и керамогранитная плитка, цельногранитные постаменты, облицовочные изделия из природного и искусственного камня и т.п.), возведенных до официальной даты принятия действующих законодательных актов. Также рекомендуется в местах с повышенным радиационным фоном установить информирующие знаки о нежелательном длительном пребывании в границах обозначенных участков.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Одна из важнейших проблем экологии - проблема радиационного загрязнения. Загрязнение среды обитания вредно отражается на здоровье людей, приносит значительные убытки народному хозяйству. Источники ионизирующего излучения оказывают значительное влияние на загрязнение окружающей среды.

Взаимодействие радиации с человеком характеризуется ионизацией и называется облучением. Происходит передача собственной энергии частицы или электромагнитного излучения путём ионизации среды соприкосновения. Облучение может вызвать нарушения обмена веществ, инфекционные осложнения, лейкоз и злокачественные опухоли, лучевую стерилизацию, денатурацию белка в хрусталике глаза, и как следствие лучевую катаракту, а также лучевую болезнь.

Облученность от естественных источников радиации увеличилась за последние десятилетия за счет использования авиатранспорта, испытаний ядерного оружия, ввода в строй многочисленных атомных электростанций, широкого использования рентгенодиагностики в медицине, использования радиоизотопов и электронных устройств в быту, а также использование строительных материалов с повышенным числом природных радионуклидов.

Граниты являются одной из самых распространенных интрузивных магматических кристаллических пород, которые дешёвы в добыче, надёжны в использовании и красивы внешне. Однако, эта горная порода еще и является природным источником ионизирующего излучения, так как содержит калиевые полевые шпаты, являющиеся природным источником ^{40}K , и высокий процент кварца, аккумулирующего тяжёлые радиоизотопы урана, радия и тория.

Первые гранитные каменоломни в Ленинградской области были открыты еще при Екатерине II в первой половине XVIII века, когда еще не было открыто даже само существование радиации. [19] Из добытого гранита строились набережные, каналы, дома, памятники, облицовка стен и строительство мостовых. Что предположительно привело к повышению общего радиационного фона и дозовой нагрузки населения, так как люди в первую очередь подвергаются облучению гамма-лучами.

В своей бакалаврской работе я провел исследование гамма-фона на территории острова Котлин и города Кронштадт в частности. Для замеров значений использовался поверенный и сертифицированный дозиметр-радиометр Soeks Quantum с выставленной классификацией мощности гамма излучения, в соответствии с «НРБ – 99/2009».

В ходе исследования были выявлены значения, потенциально превышающие максимальную приемлемую дозу облучения населения в 5 мЗв/год, установленную «СанПиН 2.6.1.2523-09», как показано на рисунке 4.12. Если руководствоваться заводскими настройками дозиметра-радиометра, то из 36 станций имеют «повышенный радиационный фон» 10 станций, при измерении в положении «у земли». Таким образом, существует потенциальная опасность облучения людей за счет систематического взаимодействия или длительного нахождения вблизи данных источников ИИ. Мной были составлены практические рекомендации по снижению негативного воздействия ионизирующего излучения на население и контролю за соблюдением норм радиационной безопасности, которые представлены в разделе № 5.

Для достоверной и рациональной оценки этой опасности необходимо правильное представление о масштабах использования такого сырья, о частоте применения данных стройматериалов, о расположении гранитных объектов в пределах жилой застройки, о существующих принципах действия радиации на человека, следствиях такого взаимодействия и действенных мерах защиты.

Список использованной литературы

1. Александров Ю.А. Основы радиационной экологии: Учебное пособие [Текст] / Мар. гос. ун-т; Ю.А. Александров. – Йошкар-Ола, 2007. – 268 с.
2. Доника А.Д., Поройский С.В. / Основы радиобиологии [Текст]: Учебно-методическое пособие / Доника А.Д., Поройский С.В. – Волгоград, 2007. – 75 с.
3. Канн, К.Б. Курс общей физики: учебное пособие [Текст] / К.Б. Канн. - М.: КУРС: НИЦ ИНФРА-М, 2014. – 360 с.
4. Семенов, С.В. Ионизирующие излучения в нашей жизни [Текст] / С.В. Семенов // Энергобезопасность и энергосбережение. – 2009. – Вып. 2. – С. 3-10.
5. Кужир, П.Г. Радиационная безопасность [Текст] / П.Г.Кужир, И.А.Сатиков, Е.Е.Трофименко. – Минск: Пион, 1999. - 279 с.
6. Информация по организации гражданской обороны Русской Христианской Гуманитарной Академии в области радиационной безопасности - URL: https://rhga.ru/about_us/grazhdanskaya_oborona/files/2.pdf Дата обращения: 8.04.2022.
7. Карты разломов в Ленинградской области [Карты] / Кафедра Геологии РГПУ - Изд-во РГПУ им. А.И. Герцена.
8. Официальный сайт ООО «Экологический правовой центр «БЕЛЛОНА», Грязная бомба Ленинграда [Текст] / URL: <https://bellona.ru/2006/12/27/gryaznaya-bomba-leningrada/>, В. Терешкин (27 декабря, 2006) Дата обращения: 19.04.2022.
9. Сайт: «Мир на карте» / Статья о географическом положении о. Котлин, 2014 URL: https://mapsoid.ru/publ/geografija_mira/ostrova/ostrov_kotlin_na_karte/17-1-0-3780; Дата обращения: 10.04.2022.

10. Амантов А.В. Региональная геология и металлогения, № 58, «Геология дочетвертичных образований и тектоника ладожского озера» [Текст] – СПб, 2014.
11. Проект постановления Правительства Санкт-Петербурга «О внесении изменений в постановление Правительства Санкт-Петербурга от 26.06.2012 № 648 «Об образовании государственного природного заказника регионального значения «Западный Котлин»
12. Очкин А.В. [и др.] Введение в радиоэкологию [Текст] – М.: ИздАТ, 2003. - 199 с.
13. Кужир П.Г. «РАДИОАКТИВНОСТЬ ПРИРОДНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ» [Текст] / Н. П. Юркевич, Г. К. Савчук, Е. В. Журавкевич, В. А. Потачиц, И. А. Климович – Минск – 2013г, стр.25.
14. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 07.07.2009 N 47 "Об утверждении СанПиН 2.6.1.2523-09" (вместе с "НРБ-99/2009. СанПиН 2.6.1.2523-09. Нормы радиационной безопасности. Санитарные правила и нормативы")
15. Сайт «WeatherArchive» // Роза ветров в городе Кронштадт [Карты] - URL: <http://weatherarchive.ru/Pogoda/Kronstadt>; Дата обращения: 20.04.2022.
16. Экосистемные модели. Оценка современного состояния Финского залива. Часть II. Гидродинамические, гидрохимические, гидробиологические, гидрологические условия и динамика вод Финского залива. Международный проект «Балтика». [Текст] / Вып. 5. СПб, Гидрометеиздат, 1997. 445с.
17. Середняков В.Е. Методическое руководство по безопасной жизнедеятельности. Занятие 12. [Текст] /В.Е. Середняков, Е.В. Шитова, И.В. Фокина; Яросл. гос. ун-т, Ярославль, 2003. 48 с.
18. Инструкция по эксплуатации дозиметра Soeks Quantum. URL: https://soeks.ru/image/catalog/products/quantum/manual_dozimetr_quantum.pdf
19. Борисов П.А. Карельский декоративный камень [Текст] - Петрозаводск: Гос. изд-во Карело-Фин. ССР, 1949 (Сортавал. кн. тип.). - 52 с.

20. Геологическая карта Северо-Западного федерального округа [Карты] / Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А.П.Карпинского; Дата обращения: 01.04.2022,
URL:https://vsegei.ru/ru/info/gisatlas/szfo/leningradskaya_obl/;