



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
МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

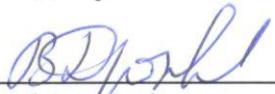
На тему: «Оценка радиационного фона на территории
Адмиралтейского района Санкт-Петербурга»

Исполнитель: Данилова Дина Дмитриевна
(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)

« » июня 2022 г.

Санкт-Петербург
2022

Содержание

ВВЕДЕНИЕ	3
1 Общие сведения об ионизирующем излучении, радиационном фоне и ионизирующей радиации в городских условиях	7
1.1 Ионизирующее излучение	7
1.2 Радиационный фон и единицы его измерения.....	8
1.3 Основные виды ионизирующих излучений.....	11
1.3.1 α -излучение.....	11
1.3.2 β -превращение	12
1.3.2 γ -излучение	13
1.4 Воздействие ионизирующей радиации на организм	13
2 Источники ионизирующей радиации на территории Санкт-Петербурга	17
2.1 Основные источники ионизирующего излучения в Санкт-Петербурге....	17
2.1.1 Радон	19
2.1.2 Строительные материалы	23
2.1.3 Техногенные источники ионизирующего излучения.....	28
2.2 Геологическое строение территории Санкт-Петербурга	33
2.3 Автоматизированная система контроля радиационной обстановки Санкт-Петербурга.....	36
3 Натурные измерения гамма-фона на территории Адмиралтейского района Санкт-Петербурга.....	39
3.1 Обоснование выбора станций наблюдений	39
3.2 Характеристика дозиметра Соекс-Кантум.....	42
3.3 Полученные данные и их анализ	47
4 Практические рекомендации	63
Заключение	66
Список использованных источников	68
Список сокращений и обозначений	74

ВВЕДЕНИЕ

Выбор темы данной дипломной работы определяется актуальностью существования в современном мире необходимости обеспечения экологической безопасности, одним из факторов которой является и радиоэкологическая безопасность. Состояние радиационной обстановки представляет интерес из-за своей изменчивости, как в пространственном отношении, так и из-за потенциального внешнего воздействия, и связано с аспектами развития и функционирования промышленно-технической и энергетической отраслей и биосферы, частью которой является и человек.

В наше время достаточно развит контроль над экологическим состоянием окружающей среды, который включает в себя постоянный мониторинг радиационной нагрузки на окружающую среду и на человека, связанного с техногенными и естественными источниками излучения.

На основе полученных данных происходит оценка состояния окружающей среды, и по необходимости принимаются важные решения по улучшению экологической ситуации и предотвращению негативных последствий для здоровья и жизни людей.

Адмиралтейский район входит в число исторических районов г. Санкт-Петербург. Его территория включает четыре водно-речных объекта. Севернее район заканчивается р. Невой. В данной работе рассматривались такие объекты района, как Обводный канал, р. Фонтанка, Адмиралтейская набережная. Самую первую из них облицевали в гранит р. Фонтанку в 18 веке, далее Адмиралтейскую набережную, более позднее Обводный канал.

Выбор гранита как материала для обустройства набережных, рек, каналов обуславливался его прочностью и долговечностью в водной среде, но его недостатком является природная радиоактивность, которая по сей день

фиксируется дозиметрическими приборами и представляет интерес горожан и гостей города.

Так же в непосредственной близости от Адмиралтейского района располагается судостроительное предприятие «Балтийский завод», который в настоящее время строит универсальные атомные ледоколы: «Сибирь», «Урал», «Якутия» и «Чукотка». Так же город находится в зоне радиационного риска, исходящего от Ленинградской АЭС, и ряда других предприятий корпорации «РосАтом», которые в разное время своей деятельности имели аварийные ситуации, приводящие к последующему радиационному загрязнению окружающей среды.

Такие загрязнения потенциально могут иметь не локальный масштаб, а крупномасштабный под воздействием атмосферной циркуляции воздушных масс. Поэтому городу необходим постоянный дозиметрический контроль.

В данной работе поставлена цель исследования радиационного фона в Адмиралтейском районе, в том числе на гранитах набережных Обводного канала, р. Фонтанки, Адмиралтейской набережной, нахождение зависимости уровня радиационного фона от излучения гранитных набережных в Адмиралтейском районе г. Санкт-Петербург.

В ходе данной работы были рассмотрены уровень гамма-излучения гранитов на высоте 0 метров и уровень радиационный фона на высоте 1,5 метра от поверхности земли на наличие синхронных изменений. Найдены коэффициенты парной корреляции этих двух уровней излучения. Так же по данным источника, так и по собственным данным был оценен радиационный фон в отдалении от гранитов в данном районе.

Практическим путем проверялась, гипотеза о том, что гамма-излучение гранитов повышают радиационный фон вблизи от них. Были найдены места с максимальным излучением гранитов и оценена безопасность

нахождения рядом с ними, исходя из норм радиационной безопасности. Найдена возможная взаимосвязь факта природного излучения гранитов и радиационного фона. Оценена интенсивность этого влияния.

Для анализа использовались ряды натуральных измеренных значений таких характеристик, как уровень гамма-излучения гранитов на высоте 0 метров и уровень радиационный фона на высоте 1,5 метра от поверхности земли в каждом пункте измерения, и измерения на удаленном расстоянии от гранитов. Данные были получены в период с 29 марта по 5 апреля 2022 г., по 20 измерений в каждом пункте для обеих характеристик.

В данной дипломной работе в главе 1 описываются виды ионизирующего излучения, естественный радиационный фон, влияние ионизирующего излучения на организм человека. Приведены источники ионизирующего излучения в пределах г. Санкт-Петербург.

Глава 2 описывает основные источники ионизирующего излучения в пределах города, как естественного так и техногенного характера, геологическое строение города, как причину повышенного радиационного фона, приводятся сведения об автоматизированной системе контроля радиационной обстановки г. Санкт-Петербург.

В главе 3 приводятся характеристики дозиметра «Соекс-Кантум», которым были сделаны измерения, и результаты проделанной работы, а именно натурные измерения гамма-излучения на территории Адмиралтейского района, их анализ и оценка:

- построение и анализ графиков изменения уровня излучения от станции к станции на каждой набережной;
- оценка полученных значений радиационного фона по предельно допустимым показателям;

– корреляционный анализ гамма-излучения на уровне 0 метров и 1.5 метра.

Так же в этой работе представлены данные собственных измерений радиационного фона в отдалении от набережных и их сравнения с данными источника, и их оценка.

В главе 4 приводятся практические рекомендации применительно к рассматриваемым в данной работе объектам Адмиралтейского района, исходя из полученной оценки излучения гранитов и радиационного фона.

1 Общие сведения об ионизирующем излучении, радиационном фоне и ионизирующей радиации в городских условиях

Радиация (от лат. radio — излучение) — излучение, исходящее от какого-либо тела. В понятие излучения можно включить и свет, и радиоволны, и любое другое излучение. Но чаще всего ионизирующее излучение связывают с термином радиация. [1]

Но без радиации на Земле не могло бы возникнуть такое разнообразие форм жизни. Она оказал наибольшее влияние на микроорганизмы в ходе протобиологической эволюции.

В современном мире искусственные источники радиации повышают естественный радиационный фон, что, несомненно, представляет определенную опасность для человека. Но не следует переоценивать негативное влияние радиации, так как на протяжении всей истории люди сталкивались и с более сильными воздействиями. [1]

1.1 Ионизирующее излучение

Ионизация связана с возникновением различно заряженных элементарных частиц при распаде ядер радиоактивных элементов, и возникает с переходом из неустойчивого изотопа одного химического вещества в изотоп уже иного элемента.

Представляет собой коротковолновое электромагнитные излучение. Ионизирующая радиация отличается от других видов излучения более проникающей способностью, которая при определенной интенсивности нарушает биохимические связи в живых клетках и молекулах.

К ионизирующим излучению относят гамма- и рентгеновское излучения, состоящих из гамма-квантов и рентгеновских фотонов, и ультрафиолетовую часть электромагнитного спектра с более высокими

энергиями. Ионизирующие частицы движутся со скоростью света, и для их обнаружения используют счетчики Гейгера.

Ионизирующее излучение может представлять излучение заряженных частиц: положительно заряженных электронов, античастиц позитронов и положительно заряженных альфа-частиц. Эти частицы способны активизировать вещество, непосредственно ионизируя его атомы и молекулы. [1]

Протоны и фотоны, не имея заряда, представляют вид ионизирующего излучения, проходя через вещество и передавая его атомам и часть своей энергии, новые атомы вещества теряют свои прежние качества. Эти атомы и становятся вторичными заряженными частицами, которые ионизируют вещество. [1]

1.2 Радиационный фон и единицы его измерения

Фоновое излучение — это мера количества ионизирующего излучения, присутствующего в определенном месте в окружающей среде, которое не связано с преднамеренным введением источников излучения. [2]

При естественном радиационном фоне принимают радиацию естественного и искусственного происхождения, сочетая в себе сразу несколько компонентов:

- периоды полураспада радиоактивных нуклидов и радиоактивность продуктов распада;
- выделение из земли радиоактивного газа радона (Rn^{222});
- искусственные медицинские источники;
- космические лучи;
- глобальные последствия испытаний ядерного оружия и радиационных аварий.

Самый главный каждодневный источник поступления радиоактивных элементов в среду жизни людей находится в толщах земли, например, газ радон, который сам поднимается на поверхность, полезные ископаемые, представленные горными минералами и породами, включающие в свое морфологическое строение и состав радиоизотопы урана и т.д., элемент калий-40 присутствует в клетках всех живых организмов земли и воде. [1]

Космическое излучение, достигаемое до планеты, в виде элементарных заряженных частиц и ядер, экранируется магнитным полем, остальные частицы тормозятся и теряют свою высокую энергию в толщах верхней атмосферы, но на полюсах иная ситуация.

Радиоактивными нуклидами в природной среде являются уран (U^{235} , U^{238}), торий (Th^{232}), калий (K^{40}), лютеций (Lu^{176}), не так часто встречаемые неодим (Nd^{150}), самарий (Sm^{147}), лантан (La^{138}) и рубидий (Rb^{87}). Изотопы данных радиоактивных элементов вносят в долю общего радиационного фона земли и повышают мощность эквивалентной получаемой дозы примерно на 0,04 мкЗв/час.

При комнатной температуре радон представляет собой бесцветный инертный тяжелый газ с периодом полураспада 3,8 дня. Его получают путем эманации и вертикального распределения радия с помощью водогазовых сетей с включением элементов природной дегазации, а именно водородом и метаном, что составляет примерно около 90 % через поверхностный слой почвы, далее в открытую атмосферу [1].

Количественное измерение Rn^{222} зависит от наличия изотопов радия в месте эманации радона. В период полураспада радия образуется дочерний радиоактивный газ радон [2].

Содержания радия в элементах биосферы, [%]:

1. Горные минералы: 10^{-9} - 10^{-10} ;
2. Почвенный слой: 10^{-10} - 10^{-11} ;
3. Флора и фауна: 10^{-13} - 10^{-12} ;
4. Водные системы: 10^{-12} - 10^{-14}

Содержание радона в приземном воздухе варьируется и имеет зависимость от выпадения атмосферных осадков, особенно капельной влаги, которая в летнее полугодие заполняет почвенные пути эманации газа радона из глубинных слоев, в зимнее полугодие величина эмануемого радона из почв через снежный покров зависит от высоты снежного столба в месте выхода. Но в летнее время года во время средних и сильных по интенсивности дождевых осадков общий радиационный фон повышается.

Температура приземного воздуха влияет на содержание в нем газа радона, в более холодном воздухе газ не может распространяться вертикально и остается у поверхности эманации из-за отсутствия воздушного перемешивания. Тем самым повышая уровень содержания радона и превышая средний показатель, который в свободной атмосфере равен примерно 10 Бк/м^3 , и является безопасным и может достигать до 100 Бк/м^3 [3].

Для отслеживания и контроля радиационной обстановки как в помещениях, так и в открытой местности используют приборы, оснащенные счетчиками, фиксирующими элементарные заряженные ионизирующие частицы и их пробег. Такие приборы называются дозиметрами и они показывают мощность полученной дозы в единицу времени, как правило, 1 час.

Дозиметр показывает измеренные значения поглощённой дозы как доли 1 зиверта на единицу времени 1 час, и представляет вид $[\text{мкЗв/ч}; \text{мЗв/ч}]$.

Зиверт – это количество энергии, поглощаемой одним килограммом биологической ткани, равное экспозиционной поглощенной дозе гамма-излучения в 1 Гр [6].

$$1 \text{ Зв} = 1 \text{ Гр} = 1 \text{ Дж/кг} = 1 \text{ м}^2/\text{с}^2.$$

Одинакова размерность 1 Зиверта и 1 Грея не показывает численное равенство эквивалентной дозы и поглощенной дозы, т.к. эквивалентная доза учитывает вид излучения и в расчет вводится соответствующий весовой

коэффициент, который определяет биологическую эффективность каждого типа излучения, и умножается на величину поглощенной дозы.

Для гамма-излучения коэффициент биологической эффективности равен **-1**, и означает что при равной интенсивности гамма-излучения, поглощаемой единицей массы, биологический эффект гамма-излучения равен эквивалентной дозе. [1]

В рамках норм радиационной безопасности выделены общие показания допустимых и превышающих значений фона.

Таблица 1.1 — Установленные нормативы значений радиационного фона

Величина фиксируемого уровня излучения, мкЗв/час	Оценка уровня
От 0,10 до 0,20	нормальный
От 0,20 до 0,60	допустимый
От 0,60 и более	повышенный

1.3 Основные виды ионизирующих излучений

1.3.1 α -излучение

α -излучение – это вид излучения, представленный положительно заряженными частицами ядер гелия ${}^2\text{He}^4$. Эти ядра имеют удвоенный положительный электронный заряд. Атомный вес α -частицы, т.е. ядра гелия, равен 4 (2 протона и 2 нейтрона). α -частицы сильно ионизируют вещество при прохождении через него, но обладают малой проникающей способностью и малым пробегом. α -частица не может пройти через лист бумаги, а пробег в воздухе составляет 2-8 см.

Основная опасность α -частиц заключается в их попадании в организм человека с воздухом и пищей. Накапливаясь в легких, селезенке, печени и почках и обладая длительным периодом полураспада и высокой

канцерогенной активностью, они вызывают длительное внутреннее облучение организма, приводящему к хронической лучевой болезни. и злокачественные новообразования. Однако большинство α -излучателей со временем покидают организм человека. [1]

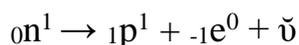
1.3.2 β -превращение

Существует три вида β -превращения: с излучением электронов, с излучением позитронов и k-захват (электронный захват).

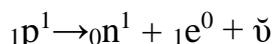
β -превращение описывается следующим образом:



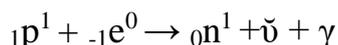
β -превращение сопровождается гамма-излучением и испусканием антинейтрино. Электроны образуются в результате превращения нейтрона в протон.



Или в результате превращения протона в нейтрон.



При k-захвате ядро атома захватывает ближайший к себе электрон, в результате чего один из протонов превращается в ядро, испуская при этом нейтрино.



β -частицы обладают следующими свойствами:

1. Сильно отклоняются электромагнитными полями
2. Сильно рассеиваются веществом
3. Обладают меньшей ионизирующей способностью по сравнению с α -частицами, а вследствие этого и меньшим пробегом (пробег в газах достигает нескольких м, в металлах – нескольких мм, в живых тканях пробег может достигать до 15 мм).

Для защиты от β -излучения используют металлические и пластмассовые листы. Торможение β -частиц в веществе вызывает рентгеновское излучение. [1]

1.3.2 γ -излучение

γ -излучение – коротковолновое электромагнитное излучение. По своим свойствам γ -лучи схожи с рентгеновскими лучами, но находится в области более высоких частот.

γ -излучение обладает высокой проникающей способностью и большими пробегами. γ -лучи распространяются со скоростью света и не отклоняются электромагнитными полями. Для остановки γ -излучения требуется значительная толщина стали, бетона или свинца, поэтому основным способом защиты от него считается время и расстояние.

Несмотря на высокую проникающую способность γ -излучения, его биологическое действие значительно слабее, чем у α - и β -излучений.

Высокий уровень γ -фона грозит ухудшением иммунитета, снижением рождаемости, может вызывать появление раковых опухолей.

[2]

1.4 Воздействие ионизирующей радиации на организм

В процессе повреждающего действия ИИ на организм условно можно выделить три стадии:

1. первичный эффект облучение;
2. воздействие излучения на микробиологическом уровне;
3. воздействие радиации на весь организм.

Основными путями проникновения радиоактивных изотопов в организм являются органы дыхания, раны и ожоги на поверхности тела человека. [2]

Воздействие ИИ на организм зависит от ряда факторов, из которых определяющими являются вид излучения, поглощенная доза, размер воздействуемой площади и время облучения.

На клеточном и субклеточном уровне ИИ вызывают различные реакции, начиная от временной задержки деления клеток и заканчивая их гибелью [1].

Попадая в живые организмы, ионизирующие частицы приводят к разрыву цепей ДНК: белков и нуклеиновых кислот, что приводит к задержке деления клеток или их гибели, что, в свою очередь, приводит к нарушению структуры тканей.

Мутации и канцерогенное действие ИР возникают после воздействия высоких доз, клетка живет дольше, но необратимо теряет способность к делению. Радиация производит патологические формы клеток.

Наиболее подвержены воздействию ионизирующего излучения эпителиальные, стволовые и эмбриональные клетки.

Стохастический радиобиологический эффект не имеет дозового порога для своего проявления. При его увеличении возрастает и риск проявления эффекта.

К ним относятся опухоли различных органов, умственная отсталость, проявляющиеся и скрытые мутации в генах и хромосомах, возрастающий риск онкозаболеваний и генетические отклонения плода.

Детерминированный радиобиологический эффект вызывается высокими дозами радиации, для которых установлен порог эффекта, выше которого тяжесть биологического эффекта зависит от дозы.

Они возникают, когда количество клеток, погибающих от радиации, достигает критического уровня и приводят к дисфункции пораженных органов.

Они подразделяются на быстрое проявление последствий: моментальная и хроническая лучевая болезнь; лучевые ожоги кожи, потеря зрения и половая дисфункция, а также прижизненные проявления: радиосклеротические процессы, радиоканцерогенез, радиокатарактогенез и др.

Постоянное облучение имеет меньшую интенсивность воздействия на живой организм по сравнению с единичным высокодозовым облучением, что связано с необратимыми восстановительными процессами повреждений в организме.

Все органы тела имеют различную чувствительность к ионизирующему излучению. Мощные дозы облучения повреждают генетический материал половых желез. Легкие более чувствительны к облучению, чем щитовидная железа, что повышает риск развития онкозаболеваний первых. Для расчета дозы облучения для органов и тканей используют коэффициент k_{pp} — коэффициент радиационного риска.

Эквивалент эффективной дозы получают путем умножения соответствующего коэффициента на эквивалент дозы и суммирования по всем тканям и органам. [2]

Эквивалентная доза находится по следующему выражению:

$$D_{\text{экв}} = K_{\text{ОБЭ}} \times D_{\text{п}}$$

Где $K_{\text{ОБЭ}}$ — коэффициент пропорциональности и определяет относительную биологическую эффективность (ОБЭ).

Единицей измерения $D_{\text{экв}}$ в системе СИ — 1 зиверт (Зв).

1 Зв равен дозовому эквиваленту любого вида излучения, поглощенного 1 кг биологической ткани и для которого наблюдается тот же биологический эффект, что и при поглощенной дозе фотонного излучения в 1 Грей.

В таблице 1.1 рассчитаны значения k_{pp} для органов и тканей организма человека при воздействии ионизирующего облучения на все тело.

Таблица 1.1 – Коэффициенты радиационного риска для различных органов человека при равномерном облучении всего тела.

Облучение органа человека	k_{pp}
Красный костный мозг	0,12
Костная ткань	0,03
Щитовидная железа	0,03
Молочная железа	0,15
Лёгкие	0,12
Яичники или семенники	0,25
Другие ткани	0,30
Итого: организм в целом	1,00

2 Источники ионизирующей радиации на территории Санкт-Петербурга

2.1 Основные источники ионизирующего излучения в Санкт-Петербурге

Нормы радиационной защиты «НРБ–99/2009» предусматривают следующие типы ИИИ:

1. Техногенные источники в режиме нормальной эксплуатации;
2. Техногенные источники как причина радиационной аварии;
3. Естественные источники:
 - естественные тектонические разломы;
 - строительные материалы (гранит, красный кирпич, бетон, пемза, шифер);
 - бытовой газ;
 - подземные воды
4. Медицинские источники

Особенность природных условий Санкт–Петербурга и Ленинградской области определяется их территориальным расположением в двух структурно–геологических районах: Балтийском кристаллическом щите и северо–западной части Русской платформы, области фундамента погружение под осадочный чехол. Из этих разломов на поверхность выходят радон и продукты его распада, что диктует необходимость ужесточения контроля за облучением населения природными источниками радиации. [3]

К природным радиоактивным зонам Ленинградской области относятся территории с комплексами пород, богатыми природными радионуклидами. Наиболее высокорadioактивные районы располагаются на севере и западе Ленинградской области: Кировский, Выборгский, Бокситогорский,

Кингисеппский, Приозерский, Тихвинский, Ломоносовский и Подпорожский районы.

Помимо радиоактивного загрязнения воздуха радоном, есть и другие проблемы. В водах гдовского горизонта Ленинградской области обнаружены подземные водотоки с повышенным содержанием радия и продуктов его распада. Они представляют серьезную опасность радиоактивного заражения, поскольку в любой момент могут попасть в систему водоснабжения.[4]

Преимущественное лучевое воздействие вызывает облучение при рентгенологических исследованиях, что связано как с внедрением новых высокоинформативных видов лучевой диагностики и терапии, связанных с высокими дозами радиации для больных, так и с увеличением количества процедур лучевая диагностика и терапия.

И только на третьем месте, явно отставая, находятся объекты, использующие ядерную энергию.

В Санкт–Петербурге это:

- Ленинградская АЭС,
- Предприятие по обращению с радиоактивными отходами РосРАО,
- Предприятие по переплаву радиоактивных металлов ОАО «ЭКОМЕТ–С» в г. Сосновый Бор,
- Исследовательские реакторы ЦНИИ. А. Крылова, расположенный в Московском районе Санкт–Петербурга,
- Радиевый институт. В.Г. Хлопина (Калининский район Санкт–Петербурга),

— Плавучая АЭС на Балтийском заводе (Василеостровский район Санкт–Петербурга).

Природными источниками ионизирующего излучения в городе Санкт–Петербург являются: радиоактивный газ радон (^{222}Rn), естественное излучение от строительных и отделочных материалов.

2.1.1 Радон

Радон — элемент 18-й группы периодической таблицы химических элементов Д. И. Менделеева с атомным номером 86.

Обозначается символом Rn, с периодом полураспада 3,8 дня. Это тяжелый, инертный, бесцветный газ без запаха и вкуса, представляющий опасность для жизни и здоровья человека. Радон является второй по значимости причиной рака легких и шестой по значимости причиной смерти от рака. На радионуклиды радона приходится более половины общей дозы облучения, которую организм человека получает в среднем от природных и техногенных радионуклидов окружающей среды. Он образуется под землей в результате естественного радиоактивного распада урана и радия. Он присутствует во всех типах почв, но больше всего он эманурует в местах богатых ураном. Пути наибольшего выхода радона находятся в деформированных горных породах, из геологических разломов, пористых горных пород. [4]

Наибольшая эманация радона происходит при следующих условиях и их совокупностях:

- нижние слои горных пород наиболее обогащены ураном;
- деформация верхних слоев пород – вертикальные разломы, при минимальном содержании в породах задерживающих радиоактивный газ материалов-кварц, глины, карбонатов;
- почвенный слой, преимущественно из гравия или элювия.

Газ радон также выделяется из строительных материалов, но его доля в общем количестве не превышает 10%. Поднимаясь на поверхность, радон скапливается в больших объемах в подземных помещениях, подвалах, подвалах. Избавиться от него можно только с помощью хорошей вентиляции. [9]

Согласно [15] в «эксплуатируемых жилых и общественных зданиях среднегодовая эквивалентная равновесная концентрация активности радона и дочерних продуктов торона в воздухе жилых и общественных помещений $ЭРОA_{Rn} + 4,6 \times ЭРОA_{Tn}$ не должна превышать 200 Бк/м³. При более высоких значениях объемной активности необходимо принимать защитные меры для уменьшения поступления радона в воздух помещений и улучшения вентиляции помещений».

Проблема содержания радона в воздухе актуальна для Санкт-Петербурга и Ленинградской области, так как территория северо-запада России характеризуется высоким уровнем радоноопасности. Значения объемной активности радона в воздухе земли могут превышать 40 000 Бк/м³.

Одним из факторов, определяющих высокий уровень радоноопасности, является наличие приповерхностных пород, содержащих природные радионуклиды уранового и ториевого ряда, а также калий-40. Прежде всего, это граниты Балтийского щита, часто поднимающиеся на поверхность. [9]

Давно известно, что высокие концентрации радона в помещениях и других закрытых помещениях могут приводить к значительному увеличению мощности дозы γ -излучения. На рис. 2.1 примерно показано совместное поведение содержания радона в воздухе и мощности дозы γ -излучения.

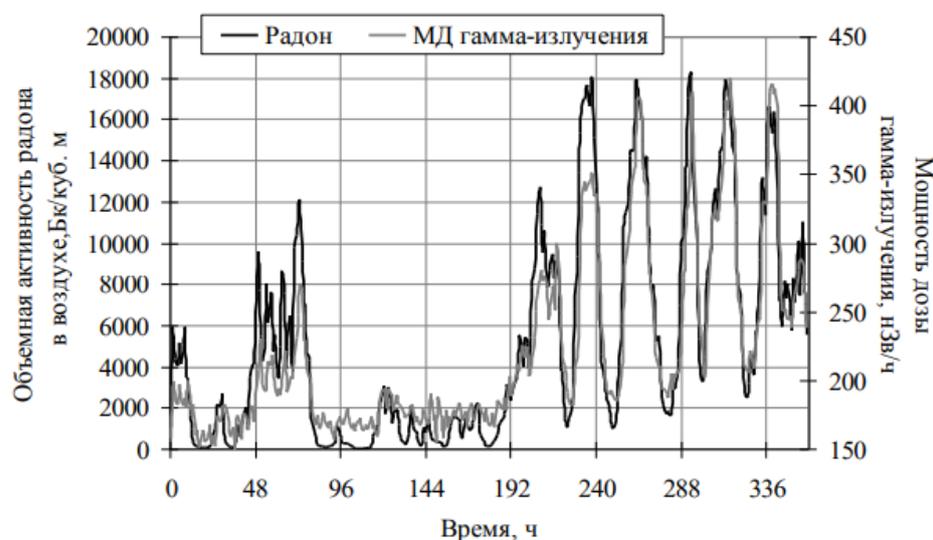


Рисунок 2.1 — Мониторинг МД гамма-излучения и ОА радона в воздухе жилого помещения

Это не связано с высоким содержанием естественных радионуклидов в строительных материалах или наличием в помещениях искусственных источников гамма-излучения. Изменения мощности дозы гамма-излучения зависят только от динамики изменения уровня радона. При повышении активности радона происходит немедленное увеличение мощности дозы, обусловленное увеличением содержания гамма-излучающих дочерних продуктов радиоактивного распада радона в воздухе [9].

Исследования также показывают, что динамика накопления радона в подземных помещениях имеет ярко выраженный сезонный характер. Летом значения AO_{Rn} достигают 1000 Бк/м³, а зимой 200 Бк/м³. При этом значение ЭРОА радона колеблется от 300 до 900 Бк/м³ летом и от 50 до 180 Бк/м³ зимой (рис. 2.2).

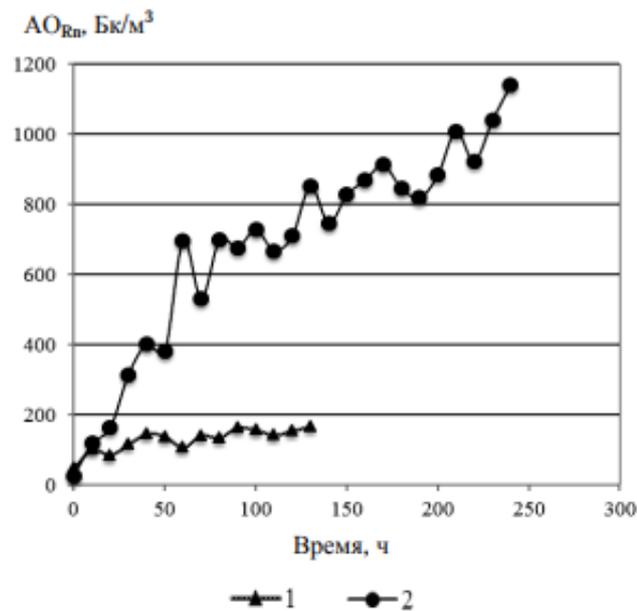


Рисунок 2.2 — Динамика АО радона в исследуемом подземном сооружении (1 летний период, 2 – зимний период)

Также выяснилось, что корреляционная связь между АО_{Rn} и влажностью воздуха описывается прямой линейной зависимостью с коэффициентом корреляции, превышающим 0,86, и статистической надежностью, соответствующей вероятности 95 % (рисунок 2.3).

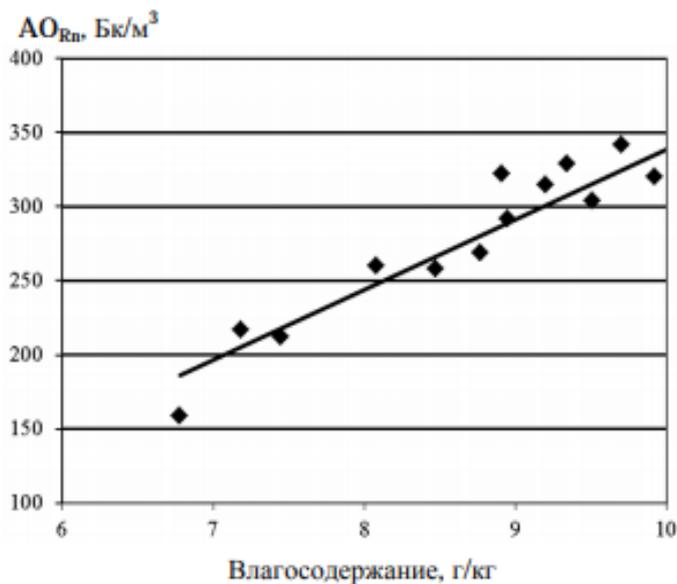


Рисунок 2.3 – Зависимость АО радона от влажности воздуха

Данные Рисунка 2.3 подтверждают влияние влаги, поступающей из окружающих бетонной отделки и грунтов, на накопление радона в непрветриваемых или плохо проветриваемых подземных сооружениях. [19]

2.1.2 Строительные материалы

Используемые в изготовлении строительных материалов природные компоненты как щебень, песок, гравий, шлак, цемент, некоторые строительные изделия, как декоративные и фасадные панели, изделия из природного камня, кирпич, вторично используемые отходы могут способствовать повышению уровня γ -фона.

В целях обеспечения радиационной безопасности различными нормативными актами предписывается производственный контроль строительных материалов, проектирование, строительство, приемка и эксплуатация зданий и сооружений с учетом γ -излучения естественных радионуклидов. Запрещается использовать строительные материалы, не отвечающие требованиям радиационной защиты. [19]

Большую часть своей жизни человек подвергается ионизирующему излучению, находясь в помещениях.

Естественная радиоактивность – это способность горных пород испускать α -, β - и γ -излучение. Глубина проникновения α -квантов в породу составляет десятки микрометров, β -лучей – несколько миллиметров, γ -лучей – 30–40 см, поэтому практический интерес представляют только гамма-кванты. Радиоактивные элементы распада урана, торий, калий-40, радий определяют интенсивность радиоактивности горных пород.

Твердые минеральные соединения пород делятся:

– Наибольшая испускательная способность у урановых минералов: уранита, настурана; соединения углеродистые, серистые, фосфатные урана и тория (уранил, торит, монацит) их концентрации в газообразном объеме;

- минеральная радиоактивность из-за включений К–40, относят к ним: полевые шпаты, калийные соли;
- такие минералы, как магнетит, лимонит, сульфиды и др., характеризуются средней радиоактивностью;
- кварц, кальцит, гипс, каменная соль и др. имеют низкую радиоактивность. [5]

Радиоактивное излучение горных пород происходит из-за включения в их структуру и состав радиоактивных минералов. Процессы образования таких пород, их метаморфический состав, возраст определяют мощность природного излучения.

Естественная радиация существовала в природе всегда. Одним из их источников является излучение земной коры. В его толще находятся горные образования, из которых изготавливаются современные строительные изделия. [10]

Гамма-излучение строительных изделий можно определить по их химическому составу. Приведенные значения в таблицах (таблицы 2.1 – 2.4) дают информацию о радиационной опасности определенных минералов, применяемых в строительстве и конверсии установок.

Таблица 2.1 — Удельная активность ^{40}K , ^{238}U , ^{232}Th в обычной породе гор и соответствующая ей мощность поглощённой дозы в атмосфере на высоте 1 м от поверхности земли

Вид камня по происхождению (тип породы)	Удельная активность, мБк/г			Мощность поглощённой дозы в воздухе, мкГр/гр
	^{40}K	^{238}U	^{232}Th	

Вулканические				
Кислые (граниты)	1000	60	80	0,12
Промежуточные (диориты)	700	20	30	0,06
Магматические(базальты)	240	10	10	0,02
Ультраосновные (дюриты)	150	0,4	25	0,02
Осадочные				
Известняки	90	30	7	0,02
Карбонаты	-	27	8	0,02
Песчаники	370	19	10	0,03
Сланцы	700	44	45	0,008

Таблица 2.2 — Средние концентрации радиоактивных элементов в магматических породах

Группа пород	Породы	K, %	U× 10 ⁻⁴ ,%	Th× 10 ⁻⁴ ,%	Th/U
Основные	Габро, Лабрадорит	1,0	0,6	1,8	3,0
	Базальт, Диабаз	1,0	0,7	2,3	3,2
Средние	Диорит	1,8	1,8	6,0	3,3
	Андезит	1,7	1,2	4,0	3,3
Кислые	Плагиогранит	2,5	2,7	9,6	4,0
	Гранит, гранодиорит	2,3-4,0	2,1-7,0	8,3-40,0	4,0-5,6

Таблица 2.3 — Средние концентрации радиоактивных элементов в метаморфических породах

Породы	К, %	U× 10 ⁻⁴ ,%	Th× 10 ⁻⁴ ,%	Th/U
Мрамор, мраморизованный известняк	0,2	1,1	2,2	2
Кварцит	0,6	0,8	3,1	3,9
Кристаллический сланец	3,1	2,6	10	3,8
Полевошпатный гнейс	3,4	3,5	15	4
Гранитогнейс	3,6	3,2	16,1	5

Таблица 2.4 — Концентрация калия, урана и тория в осадочных породах

Породы	К,%	U× 10 ⁻⁴ ,%	Th× 10 ⁻⁴ ,%	Th/U
Известняк	0,3	1,6	1,8	1,1
Доломит	0,4	3,7	2,8	0,8
Гипс	0,02	1,0	1,0	1,0
Песчаник	1,7	2,9	10,4	3,6
Кварцевый конгломерат	1,2	6,3	31,0	5-10

Определены критерии оценки удельной эффективной активности природных радионуклидов для оценки строительных используемых материалов и изделий в соответствии с критериями, приведенными в [таблице 2.5](#).

Таблица 2.5 — Гигиенические нормы при использовании строительных материалов

Удельная эффективная активность ($A_{эфф}$), Бк/кг	Класс материала	Вид использования
До 370	I	Любой
Св. 370 до 740	II	Прокладка дорог в населенных пунктах и зонах застройки, использование на промышленных объектов
От 740 до 1500	III	Прокладка дорог в разряженной местности
Св. 1500 до 4000	IV	Решение выносится Госкомсанэпиднадзором

Радиоактивность строительных материалов зависит от многих факторов, из которых стоит выделить, какая порода используется для изготовления строительных материалов, где добывалась порода и из каких отходов изготавливались строительные материалы в виде наполнитель или связующее [9].

К наиболее радиоактивным материалам относятся:

- гранит (очень прочный камень, используемый для облицовки стен зданий, изготовления ступеней и щебня для высокопрочного бетона);
- кварцевый диорит (применяется для облицовки зданий, изготовления ваз, столешниц, плинтусов и т.п.);

– графит (для изготовления красок и термостойких смазок, для заливки пластмасс);

– туф (щебень в виде песка и щебня используется при изготовлении строительного бетона, строительных растворов, штукатурных смесей, а туфовая плитка является прекрасным отделочным материалом для облицовки различных поверхностей, в том числе полов);

– пемза (используется как абразив для шлифовально–полировочных работ и как наполнитель для легких бетонов; известна как гидравлическая добавка к известковым и цементным растворам).

Естественная радиоактивность строительных изделий из-за включения в их состав радиоактивных минералов, может быть оценена как опасная для продолжительного пребывания в течении жизни. Т.к. они повышают долю выделяемого газа радона в жилом помещении. [9] Его объемная активность в воздухе первых этажей зданий и подвалах, станций метро в десятки и более раз выше, чем в открытой местности.

2.1.3 Техногенные источники ионизирующего излучения

Искусственные источники ионизирующего излучения появились для выработки пользы в промышленном, хозяйственном, энергетическом и медицинском направлениях.

Источник ИИ — радиоактивное вещество или прибор, испускающее ионизирующее излучение, и его использование регламентируется «Нормами радиационной безопасности — 99/2009».

Ионизирующее излучение сопровождает радиоактивный распад элементов, высвобождается при ядерных превращениях, торможении заряженных элементарных частиц в веществе и изменяет среды, через которые проходит, образуя ионы разных знаков и активируя их.

Источником ионизирующего излучения выступает устройство, которое получает ионизирующее излучение путем изменения скорости пробега заряженных частиц, их столкновения и полного изменения, или ядерных реакций.

Как правило, генерирующий источник не начинает излучать до тех пор, пока питание не подается непосредственно на питаемое устройство. После тушения источник становится безопасным по отношению к ионизирующему излучению, если его конструкции не активируются в процессе эксплуатации.

В этом случае он сохраняется некоторое время после угасания β , хотя и значительно менее интенсивен. В этом разница между ИИИ (генераторными) источниками и радионуклидными источниками. Радионуклиды постоянно испускают ионизирующее излучение, интенсивность которого только уменьшается по мере радиоактивного распада радионуклидов, содержащихся в источнике.

Разрешается деятельность по использованию источников ионизирующего излучения (генерирующих). Регламентирует получение лицензии Постановлением Правительства № 278 от 02.04 Роспотребнадзора. 2012 В разрешении должен быть указан тип используемого источника излучения.

В Санкт–Петербурге к рукотворным источникам относятся:

— Ленинградская АЭС

Ленинградская атомная электростанция в России мощнейшая по установленной мощности и единственная, где эксплуатируются генераторные установки двух разных типов — уран–графитовые каналные и водо–водяные.

Станция состоит из 6 энергоблоков. Блок РБМК–1000 №1 остановлен на вывод из эксплуатации 21 декабря 2018 г. после 45 лет эксплуатации, блок РБМК–1000 №2 остановлен на вывод из эксплуатации 10 ноября 2020 г. 1200 – продолжается. Энергоблок №6 ВВЭР–1200 – введен в промышленную эксплуатацию 22 марта 2021 года.

Станция вырабатывает и покрывает около 60% энергопотребления Санкт–Петербурга и Ленинградской области. В энергобалансе Северо–Западного региона ЛАЭС вырабатывает около 30%. ЛАЭС стала причиной образования г. Сосновый бор, как и станция он находится на берегу Финского залива в 42 км от г. Санкт-Петербург.

Первоначально проектный срок службы каждого реактора и основного оборудования энергоблоков «РБМК» был установлен в 30 лет. Благодаря проведенной на ЛАЭС модернизации срок эксплуатации всех четырех блоков увеличен на 15 лет.

21 декабря 2018 года в 23:30 после 45 лет эксплуатации окончательно остановлен энергоблок №1 Ленинградской АЭС – основной энергоблок серии РБМК–1000 и первый реактор большой мощности мощность в СССР 1000 МВт. 10 ноября 2020 года остановлен энергоблок №2 РБМК–1000.

Суммарная установленная мощность 4 337,6 МВт

— Компания по обращению с радиоактивными отходами «РосРАО»

ФГУП «РосРАО» — крупный оператор, который занимается профессиональным захоронением радиоактивных отходов страны и эксплуатированием рабочих площадок с данными захоронениями.

Компания специализируется на услугах в области обращения с радиоактивными веществами (РИ) и радиоактивными отходами (РАО), и организует этапы сбор, транспортировки, переработки отходов, их упаковку и хранение низко– и среднеактивных отходов.

Только в 2019 году ФГУП «РосРАО» стал федеральным оператором по обращению с отходами I–II классов опасности на территории страны и в дальнейшем станет ключевым звеном в создании системы обращения с отходами по классу опасности. I–II отходы, что позволит решить существующую экологическую проблему в стране в этой сфере.

Основные виды работ, выполняемых компанией:

–обращение с ОЯТ, РАО, ОЯТ2 и ИИИ при процессе сборе, сортировке, утилизации и последующем хранении ОЯТ, РАО, ОЯТ3 и ИРИ

при проведении транспортных радиационно–аварийных работ по обнаружению и ликвидации радиоактивных загрязнений;

- индивидуальный дозиметрический контроль при каждом сотруднике;
- дезактивация спецодежды, СИЗ, технологического оборудования;
- транспортировочные контейнеры, спецтехника;
- контроль радиационной обстановки на всех объектах предприятия с использованием дозиметрических средств;
- лабораторные анализы и экспертизы;
- проведение реабилитационных работ на объектах и загрязненных территориях.

ФГУП «РосРАО» поддерживает экологическую политику, установленную генеральным директором предприятия в феврале 2016 года, и основанную на целях и основных позициях экологической политики госкорпорации «Росатом».

— АО «ЭКОМЕТ–С» завод по переплавке радиоактивных металлов в г. Сосновый Бор.

Основным видом деятельности является оказание услуг по обращению и захоронению металлических отходов, загрязненных радиоактивными веществами (РОВ), с целью сокращения объемов ТРО, направляемых на длительное хранение (захоронение), и возврата металла в промышленность в бессрочное пользование.

В АО «ЭКОМЕТ–С» разработана и внедрена технология переработки теплоизоляционных материалов на основе минеральной ваты, стекловолокна и базальтового волокна, загрязненных радиоактивными веществами Ленинградской АЭС и других объектов атомной и промышленной энергетики.

Переработке подлежат отходы теплоизоляционных материалов, относящиеся к категории малоактивных отходов. Мощность дозы поступающего сбросного гамма–излучения не превышает 10 мкЗв/ч.

— Исследовательский реактор ФГУП «Крыловский государственный научный центр» расположен в Московском районе г. Санкт–Петербурга. Реактор впервые введен в эксплуатацию в 1964 году. С 1995 года и по сей день находится в остановленном состоянии. В декабре 2014 года закончен ремонт и переоснащение реактора, он был запущен на малых контролируемых мощностях. Таким образом, в самом городе есть действующий реактор.

Реактор используется в экспериментальных целях, для разработки новых морских ядерных энергетических установок и служит для выработки излучения нейтронов и гамма-излучения в качестве стационарного источника нейтронного и гамма-излучения. В нем облучают различные материалы и микросхемы для их тестирования в новых условиях и выявления потенциальных нужных свойств, участвует в разработках для медицинского обеспечения.

В Калининском районе г. Санкт–Петербурга находится Радиевый институт имени В.И.В.Г. Хлопина. Радиевый институт обеспечивает научную поддержку регенерации отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) атомных электростанций.

Компания разработала инновационную технологию для Комбинированного горно–химического опытно–демонстрационного центра (ОДЦ) под названием «упрощенный ПУРЕКС», которая должна исключить выброс всех категорий радиоактивных отходов в окружающую среду, обеспечить замкнутый вихрь и снизить стоимость ОЯТ. лечение. Ученые Радиевого института в сотрудничестве с коллегами из Национальной лаборатории Айдахо разработали универсальный процесс UNEX для фракционирования высокоактивных отходов (ВАО).

Он разделяет все радиотоксичные радионуклиды на долгоживущих ВАО и переводит большую часть отходов на уровень низко активных отходов.

Радиевый институт ищет перспективные геологические структуры для подземного хранения высокоактивных отходов. С целью создания подземного могильника радиоактивных отходов на северо–западе России специалистами института изучена и обоснована возможность размещения такого могильника в глинах Ленинградской и Архангельской областей и в гранитах Кольского полуострова.

— Балтийский завод — судостроительная компания в Санкт–Петербурге. Входит в состав Объединенной судостроительной корпорации.

Завод специализируется на выпуске энергетических установок для судов и их машиностроительного оборудования, занимается цветной и черной металлургией для постройки кораблей и судов и их продажи на другие верфи, занимается обработкой корпусов судов. Одно из первых предприятий которое начало широкую модернизацию, выйдя на мировой судостроительный рынок.

Завод строит в данный момент атомные ледоколы проекта 22220 «Арктика», «Сибирь», «Урал». На этом заводе была построена первая в мире плавающая атомная электростанция «Академик Ломоносов».

2.2 Геологическое строение территории Санкт-Петербурга

Изучение геологического строения Санкт-Петербурга играет важную роль, ведь город был построен в зоне Русской плиты, образовавшейся, благодаря древним осадочным породам, и Балтийского фундамента, представляющего собой кристаллический фундамент. Отсутствует достаточное количество информации о тех породах Санкт-Петербурга, которые слагают кристаллический фундамент. Известно лишь то, что миматизированные гнейсы и гранит основную породу фундамента на значительной части всей территории города.

Квартеры, являющиеся четвертичными отложениями, представляют особую роль для целостности геологической среды Санкт-Петербурга. На

протяжении многих лет проводились исследования различной детальности целевого назначения и различной детальности, чтобы выявить и обобщить информацию для создания полноценных геологических карт с наличием на них четвертичных отложений. Полеорельф поверхности дочетвертичных пород позволяет определить изменение мощности в четвертичных отложениях. В среднем, это число варьируется от 25 до 30 м, в местах с палеодолинами локально может достигать даже 120-130 метров. Все это является предпосылкой к весьма разнообразному литологическому составу и генезису Санкт-Петербурга.

Специалисты до сих пор изучают четвертичные отложения на территории Санкт-Петербурга в разрезе, выделяя следующие стадии верхнего части разреза моренных образований: Волгодонская; Московская; Осташковская; Невская (существует лишь по некоторым версиям).

Хоть подобные моренные образования имеют разный возраст и периодически контактируют друг с другом, стоит учитывать факт их разделения при помощи аллювиальных, водоледниковых, морских отложений. Помимо них, присутствуют межстадиалы, межледниковые и водоледниковые отложения, все они входят в литологический состав, представляя собой изменчивые отложения в разрезе. В них также присутствует грубозернистые разности, представляющие собой практическую нужду в качестве водовмещаемых пород, используемых подземными водами.

Особое внимание уделяется природным радионуклидам, содержащимся в горных породах и почве. От геологического строения зависит количество природных радионуклидов, в случае с Санкт-Петербургом, подобной особенностью можно считать область двух региональных структур в виде Русской платформы и Балтийского щита.

На территории всего Санкт-Петербурга присутствуют области, имеющие специфичные природные образования. Они имеют высокое и повышенное содержание природных радионуклидов, ниже представлены следующие из них:

1. Пакерортский горизонт нижнего ордовика, содержащий в себе диктионемовые сланцы, располагается от реки Сясь. В широтном направлении, вплоть до Ивангорода, встречается также в южных частях города. Высокое содержание урана содержится в сланцах, достигая отметки, более $20-50 \times 10^{-4}\%$, включая возможное наличие рудных концентраций (более $100 \times 10^{-4}\%$).

2. Глинистые бокситы и бокситоносные песчаники имеют коры выветривания, они прослеживаются в Бокситогорском районе. Особенность состоит в высоком содержании урана и тория, более $20 \times 10^{-4}\%$ и более $20 \times 10^{-4}\%$ соответственно.

3. Балтийский щит имеет отдельные виды гранитоидов с повышенной концентрацией урана, тория и калия. Число концентрации достигает $3.5-7,0 \times 10^{-4}\%$, $12-52 \times 10^{-4}\%$ и $2,5-4,0\%$ соответственно, что является заметно выше пределов нормы.

Ленинградская область имеет довольно большую площадь наиболее высокой вероятности радоноопасности, примерно в $7400-7500 \text{ км}^2$.

Большое значение имеет не внешнее, а внутреннее облучение, ведь оно напрямую связано с радиоактивными газами. Подобные газы поступают из геологической среды, на определенном этапе распада будут образованы два радионуклида, представляющие собой газ: в ториевом ряду это радон-220, называемый тороном и радон-222, исходя из уранового ряда. Образованные газы из-за процесса перепада давления движутся вверх, выходя в атмосферный воздух.

Отсюда поступает риск попадания радионуклида внутрь организма при дыхании.

Исходя из этого внутреннего излучения, формируется специальная коллективная доза облучения для всего населения (представляющая собой цифру более 40%). Внутреннее облучение, связанное с радоном, имеет особенно повышенные риски на южной территории Санкт-Петербурга. Для оценки данного фактора используется показатель эксхалляции радона с поверхности грунта, называемое также плотностью потока.

2.3 Автоматизированная система контроля радиационной обстановки Санкт-Петербурга

В Санкт-Петербурге в 2006 году был выпущен закон «Об экологическом контроле на территории Санкт-Петербурга», который в том числе должен был положить начало нормированию и регулированию контроля радиационной обстановкой в городе, и для этого была создана автоматизированная система радиационного контроля условий Санкт-Петербурга (АСКРО СПб).[16]

Данная система сбора информации представляет из себя сеть пунктов, которые оборудованы техническими дозиметрическими средствами, компьютерными средами передачи и получения, идентификации информации и лиц, ответственных за организационные решения, обеспечивая постоянный мониторинг радиационной обстановки на территории города и в области близ потенциально опасных радиоактивных объектов.

Цель данного мониторинга радиационной обстановки средствами автоматизированной сети это обеспечение органов государственной власти информацией для осуществления плана действий по обеспечению радиационной безопасности, своевременного реагирования на ЧС и информирование населения об уровне радиационной обстановки.

Сервис, установку и использование измерительной сети АСКРО СПб осуществляет ГГУП «Минерал» — специализированная организация, осуществляющая государственный экологический надзор на территории Санкт-Петербурга и за счет средств бюджета Санкт-Петербурга. Петербург [17].

Структура включает два уровня:

- Измерительная сеть (сервис и установка измерительной сети АСКРО СПб – государственное унитарное предприятие «Минерал»);
- Центр сбора и обработки информации (далее – ЦСОИ).

Измерительная сеть данной автоматизированной системы включает стационарные автоматические посты контроля радиационной обстановки, которые располагаются в районах города Санкт-Петербурга и Ленинградской области (табл. 2.6):

Таблица 2.6 – Расположение автоматических постов контроля радиационной обстановки в Санкт-Петербурге

№ п/п	Номер в БД*	Место расположения поста
1	34	Районная администрация Кронштадтского района
2	36	Парнас, АТЦ СПб
3	37	Районная администрация Курортного административного района
4	39	Районная администрация Пушкинского административного района
5	40	Районная администрация Петродворцового административного

		района
6	41	Районная администрация Красносельского административного района
7	42	РНЦ ГИПХ
8	43	Районная администрация Приморского административного района
9	44	Районная администрация Фрунзенского административного района
10	45	НИИ электрофизической аппаратуры им.Д.В.Ефремова
11	46	Управление по делам ГОиЧС Колпинского административного района
12	47	Научный институт им.акад.Крылова
13	48	Администрация г.Сосновый Бор
14	49	ПИЯФ, г.Гатчина
15	50**	Комитет по природопользованию, ООС и ОЭБ
16	51	Площадка НПО Радиевый институт
17	52	Санкт-Петербургский гидрологический полигон

Посты АСКРО СПб устанавливаются по территориально-административному принципу с учетом необходимости наблюдения в непосредственной близости от опасных радиационных объектов, включенных в перечень, утвержденный Постановлением Правительства РФ.

3 Натурные измерения гамма-фона на территории Адмиралтейского района Санкт-Петербурга

3.1 Обоснование выбора станций наблюдений

В данной работе рассматривался уровень радиационного фона в Адмиралтейском районе г. Санкт-Петербурга. Его измерение происходило вдоль наиболее природно-ионизирующих объектов данного района — гранитных набережных, а именно Обводного канала, р. Фонтанки и Адмиралтейской набережной.

Все измерения проводились при ясной погоде без осадков при температуре +5...+10 °С.

Измерения проводились непосредственно на поверхности гранитов и в атмосферном воздухе на высоте 1,5 метра над уровнем земли.

На каждом пункте измерений были зафиксированны по 40 показаний дозиметра Соекс Кантум непосредственно на поверхности гранитов и в атмосферном воздухе на высоте 1,5 метра над уровнем земли (рисунок 3.1).



Рисунок 3.1 – Измерение гамма-излучения на граните дозиметром Соекс Кантум на набережной Обводного канала

Например, на рисунке 3.2 показания дозиметра выше нормы и составляет 0,42 мкЗв/час, что превышает норму в 0,30 мкЗв/час. Дисплей дозиметра Соекс Кантум показывает «Радиационный фон повышен».

На рисунке 3.3 показана схема станций измерения гамма-фона вдоль набережной Обводного канала.



Рисунок 3.2 – Измерение гамма-излучения на граните дозиметром Соекс Кантум на набережной Обводного канала

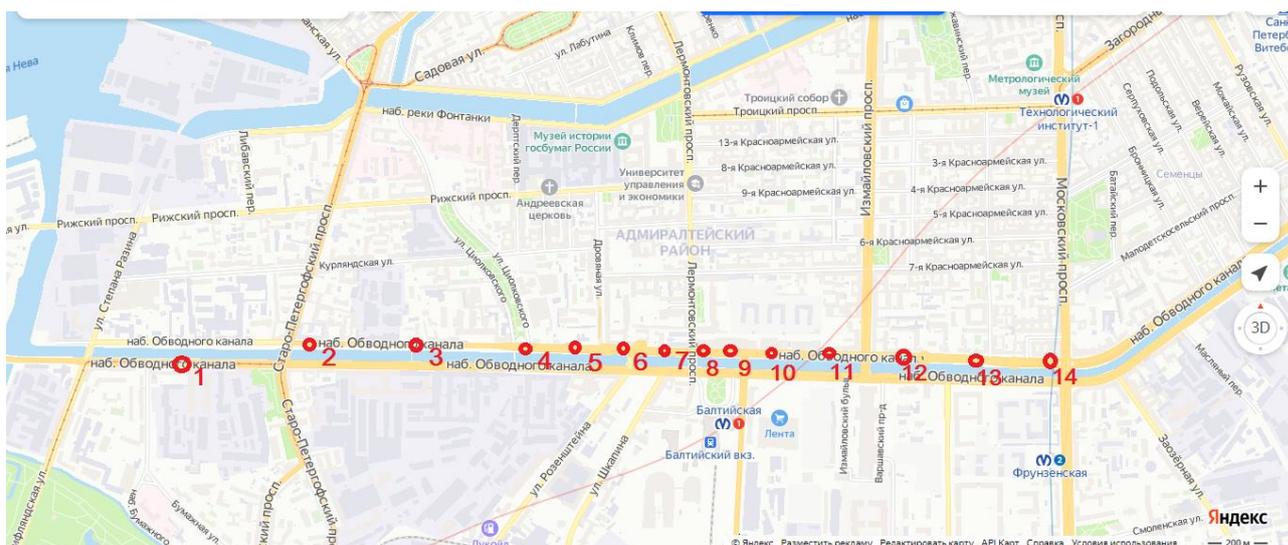


Рисунок 3.3 – Станции наблюдений вдоль набережной Обводного канала

Измерения производились в 14 точках начиная с наб.Обводного канала, дом 150 вплоть до Московского пр. На рисунке 3.4 показана схема станций измерения гамма-фона вдоль набережной Фонтанки.

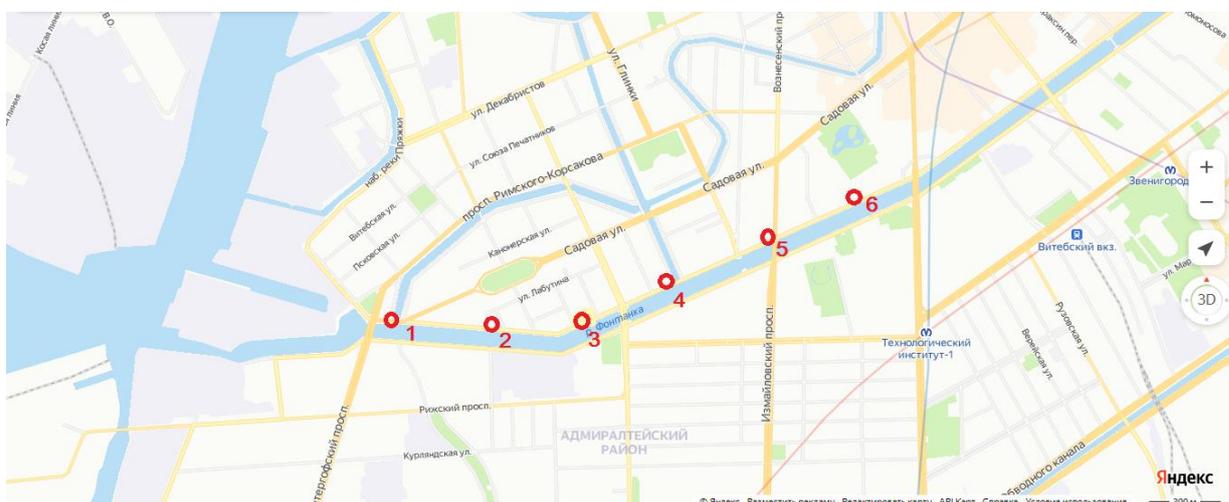


Рисунок 3.4 – Станции наблюдений вдоль набережной р. Фонтанки

В данном районе измерения проводились в 6 точках от Лермонтовского проспекта до Московского проспекта.

На рисунке 3.5 показана схема станций измерения гамма-фона вдоль Адмиралтейской набережной.

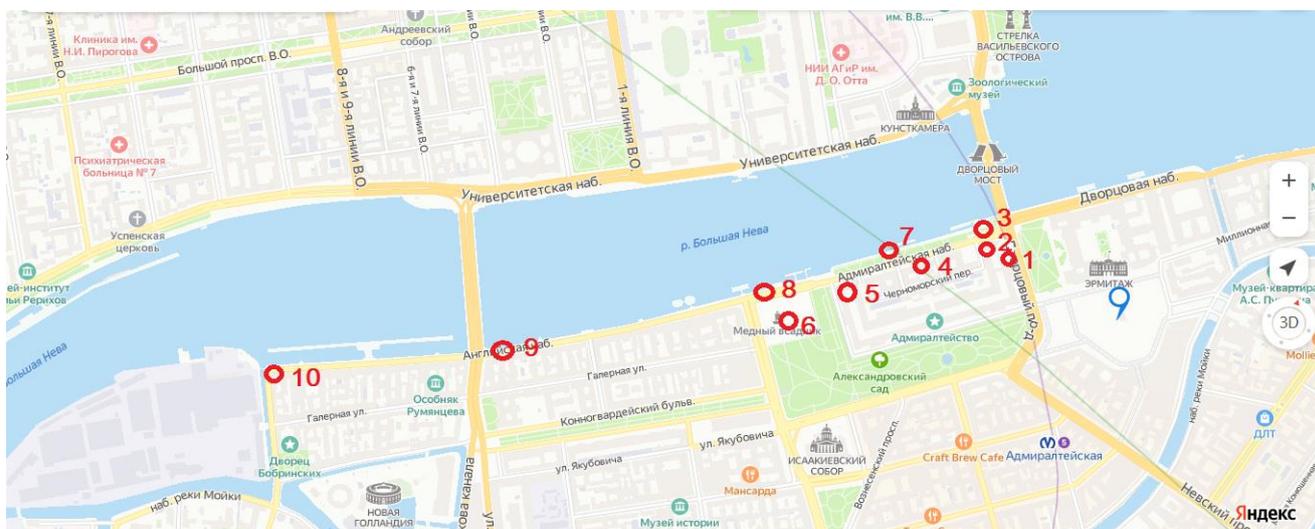


Рисунок 3.5 – Станции наблюдений вдоль Адмиралтейской набережной

Измерения производились в 10 точках от Дворцового проезда до набережной Ново-Адмиралтейского канала, и включали в себя станции, как на самой набережной, так и на якорях Адмиралтейства, вдоль Адмиралтейства и на памятнике Медный всадник.

3.2 Характеристика дозиметра Соекс-Кантум

Данный прибор способен измерять мощность поглощенной дозы излучения, считать и отображать накопленную дозу радиации, проводить и отображать оценку уровня радиоактивного фона и определять степень загрязненности радиоактивными элементами продуктов питания и прочих интересующих объектов.

Устройство прибора подразумевает расположение счетчиков «Гейгера-Мюллера», чувствительным к ионизирующему излучению, потоку бета-частиц и рентгеновскому излучению с обеих сторон.

По полученным показаниям мощности поглощенной дозы происходит радиационная оценка местности или объекта, суммируются показания для выявления накопленной дозы, которая так же может отображаться на дисплее графиком временного распределения.

Техническое описание указано в таблице 3.1.

Таблица 3.1 — Техническое описание дозиметра «Соекс-Кантум»

Интервал показаний уровня радиоактивного фона, мкЗв/ч	до 1 000
Интервал 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
Фиксируемая доза гамма- излучения, МэВ	от 0,1
Пороги превышений, мкЗв/ч	от 0,3 до 100
Период измерения, секунд	10
Отображение показаний	Непрерывно, числом, графически
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
Габариты	130x52x18

ВхШхТ, не более, мм	
Масса прибора (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, В	от 4,5 до 5,5
Экран	Цветной TFT, 128x160
Интервал рабочих температур, °С	от -20 до +60

Обозначения в режиме «Измерение»

В режиме измерения появляется рабочий экран (рисунок 3.6).



Рисунок 3.6 – Дисплей дозиметра «Соекс-Кантум» в режиме «Измерение»

12. Уровень радиационного фона дозиметр показывает большим шрифтом посередине дисплея. При первом измерении фона на дисплее указано слово «Измерение».

13. Единицы измерения в СИ: мкЗв/ч.

14. Показатель хода измерения: шкала заполняется с течением времени, этот период равен примерно 10 секундам. Если столбец окрашен в красный цвет, то фон повышен и измерение поглощенной дозы будет происходить быстрее.

15. Показатель достоверности результата: если столбец полностью окрашен в зеленый цвет, то измерение излучения произошло и фоновое значение лежит в пределах нормы. В среднем занимает примерно 10 секунд каждое её изменение до её полного заполнения, которое достигается примерно за 120 секунд.

Показатель достоверности результата обнуляется при резких изменениях измеряемых значений мощности дозы более чем в 3 раза, как при повышении так и при понижении.

За среднее время измерения примерно 15 секунд фиксируется и выдается достоверный результат, учитывающий возможные резкие изменения фона.

16. Результат оценки состояния радиационного фона на основе «Норм радиационной защиты НРБ - 99/2009».

Дисплей отображает строку с зеленым шрифтом: «РАДИАЦИОННЫЙ ФОН НОРМАЛЬНЫЙ» в случае не превышения фонового значения предела в 0,4 мкЗв/час.

Дисплей отображает строку с желтым обозначением: «РАДИАЦИОННЫЙ ФОН ПОВЫШЕН» в случае превышения фонового значения отметки в 0,4 и до 1,2 мкЗв/час.

Дисплей отображает строку с красным шрифтом: «ОПАСНЫЙ РАДИАЦИОННЫЙ ФОН» в случае превышения фоновым значением предела в 1,2 мкЗв/час и далее.

17. Показатели тенденции изменения поглощаемого излучения.

18. Максимальный порог радиационного фона установлен в 1,2 мкЗв/час.

19-20. Графики, временного хода поглощенной дозы за последние 60 секунд для обоих счетчиков «Гейгера-Мюллера» соответственно. Графики непрерывно движутся к центру, высота столбца отражает уровень радиационного фона. Столбец имеет различную окраску—зеленую, желтую, красную; которая зависит от степени превышения порогового допустимого значения.

21-22. Показатель присутствия радиоактивных элементарных частиц для обоих счетчиков «Гейгера-Мюллера» соответственно. Показатель окрашен в красный цвет при большой интенсивности заряженных частиц, в желтый цвет при меньшей интенсивности попадания в счетчики частиц.

После включения прибора автоматически начинается оценка радиоактивной обстановки. Примерно через 10 секунд на экране появится первый результат измерения, после чего начнется следующий цикл измерения.

Во включенном режиме прибор постоянно измеряет уровень излучения в любом режиме работы до его полного выключения. Прибор отображает наиболее точные результаты измерений при полном заполнении индикатора точности.

Для измерения радиационного фона от пищевых продуктов, строительных материалов и других предметов необходимо выполнить следующие действия:

– измерять уровень радиационного фона на расстоянии нескольких метров от измеряемого объекта;

– поднести прибор перфорированной стороной непосредственно к измеряемому объекту и измерить радиационный фон на максимально близком расстоянии от объекта;

– сравнить полученные показания с фоновым уровнем окружающей среды. Полученная разность измерений по пп.1 и 2 является дополнительным фоновым излучением объекта.

Для оценки радиоактивного загрязнения жидкостей измерение проводят над открытой поверхностью жидкости. Для защиты устройства от попадания жидкости на поверхность и внутрь рекомендуется использовать устройство в полиэтиленовом пакете, но не более одного слоя.

Накопление дозы облучения начинается сразу после включения прибора и продолжается до его выключения, независимо от того, в каком режиме находится прибор. После следующего включения накопление дозы продолжается.

Регистрация данных начинается с первого измерения и продолжается во время использования устройства, пока не заполнится память. Если память заполнена, запись останавливается. Сохраненные данные измерений возможно передать на компьютер для просмотра и анализа.

3.3 Полученные данные и их анализ

В ходе измерения ионизирующего излучения на рассматриваемых набережных на уровнях 0 метров были получены следующие значения гамма-излучения, найдены средние и максимальные значения (таблицы 3.2–3.4). В таблицах 3.5 – 3.7 приведены результаты измерений на высоте 1,5 метра от поверхности на набережных.

Таблица 3.2 — Уровень гамма-излучения на уровне 0 метров на набережной Обводного канала

№ точки/[мкЗв/час]	1	2	3	4	5	6	7
0 м	0,35	0,38	0,41	0,39	0,3	0,3	0,32
	0,38	0,41	0,42	0,4	0,32	0,33	0,36
	0,4	0,44	0,44	0,41	0,34	0,32	0,36
	0,43	0,47	0,46	0,44	0,38	0,34	0,37
	0,44	0,5	0,48	0,45	0,38	0,35	0,37
	0,46	0,52	0,5	0,48	0,41	0,35	0,37
	0,51	0,5	0,5	0,48	0,43	0,37	0,38
	0,54	0,51	0,5	0,49	0,45	0,4	0,37
	0,54	0,52	0,54	0,49	0,48	0,43	0,38
	0,55	0,53	0,55	0,5	0,52	0,43	0,37
	0,56	0,52	0,52	0,51	0,55	0,42	0,38
	0,56	0,53	0,52	0,51	0,55	0,43	0,37
	0,56	0,54	0,51	0,53	0,57	0,42	0,38
	0,56	0,52	0,52	0,54	0,6	0,42	0,38
	0,54	0,49	0,51	0,56	0,59	0,44	0,39
	0,54	0,48	0,5	0,57	0,58	0,45	0,39
	0,51	0,48	0,49	0,57	0,6	0,43	0,38
	0,5	0,47	0,49	0,58	0,57	0,43	0,38
	0,5	0,49	0,47	0,59	0,57	0,42	0,37
	0,48	0,49	0,46	0,59	0,56	0,42	0,38
Среднее	0,50	0,49	0,49	0,50	0,49	0,40	0,37
Максимальное	0,56	0,54	0,55	0,59	0,6	0,45	0,39

№ точки/[мкЗв/час]	8	9	10	11	12	13	14
0 м	0,5	0,29	0,38	0,55	0,39	0,33	0,35
	0,47	0,31	0,39	0,57	0,41	0,36	0,36
	0,44	0,32	0,41	0,57	0,44	0,38	0,4
	0,42	0,32	0,43	0,51	0,45	0,38	0,41
	0,44	0,34	0,42	0,49	0,45	0,41	0,44
	0,44	0,36	0,42	0,5	0,47	0,44	0,47
	0,45	0,36	0,41	0,48	0,47	0,44	0,49
	0,44	0,4	0,42	0,49	0,46	0,45	0,53
	0,48	0,44	0,44	0,48	0,47	0,47	0,55
	0,46	0,44	0,45	0,49	0,47	0,48	0,59
	0,46	0,46	0,43	0,47	0,47	0,48	0,58

	0,46	0,45	0,42	0,44	0,5	0,51	0,6
	0,44	0,44	0,42	0,42	0,47	0,5	0,58
	0,43	0,41	0,42	0,41	0,46	0,49	0,62
	0,46	0,41	0,41	0,42	0,46	0,48	0,62
	0,48	0,42	0,42	0,41	0,46	0,5	0,62
	0,5	0,44	0,42	0,4	0,45	0,53	0,62
	0,48	0,43	0,42	0,39	0,46	0,51	0,64
	0,46	0,41	0,42	0,42	0,45	0,54	0,62
	0,46	0,42	0,41	0,41	0,44	0,54	0,63
Среднее	0,46	0,39	0,42	0,47	0,46	0,46	0,54
Максимальное	0,5	0,46	0,45	0,57	0,5	0,54	0,64

Таблица 3.3 — Уровень гамма-излучения на уровне 0 метров на набережной р. Фонтанка

№ точки/[мкЗв/час]	1	2	3	4	5	6
0 м	0,29	0,38	0,3	0,37	0,35	0,47
	0,29	0,38	0,28	0,4	0,34	0,45
	0,28	0,38	0,28	0,39	0,35	0,5
	0,29	0,39	0,29	0,39	0,33	0,49
	0,3	0,4	0,3	0,41	0,34	0,52
	0,3	0,4	0,31	0,41	0,32	0,23
	0,3	0,4	0,31	0,39	0,31	0,51
	0,32	0,41	0,33	0,42	0,34	0,51
	0,34	0,4	0,33	0,44	0,33	0,53
	0,33	0,43	0,33	0,42	0,35	0,52
	0,34	0,4	0,33	0,44	0,37	0,53
	0,32	0,4	0,32	0,45	0,36	0,53
	0,34	0,38	0,3	0,46	0,36	0,53
	0,34	0,37	0,3	0,44	0,35	0,52
	0,35	0,39	0,29	0,45	0,37	0,51
	0,35	0,4	0,28	0,46	0,36	0,51
	0,34	0,39	0,26	0,46	0,36	0,51
	0,34	0,42	0,25	0,47	0,37	0,51
	0,35	0,41	0,23	0,48	0,37	0,49
	0,34	0,4	0,2	0,47	0,35	0,49
	0,32	0,40	0,29	0,43	0,35	0,49
Среднее	0,32	0,40	0,29	0,43	0,35	0,49
Максимальное	0,35	0,43	0,33	0,48	0,37	0,53

Таблица 3.4 — Уровень гамма-излучения на уровне 0 метров на Адмиралтейской набережной

№ точки/[мкЗв/час]	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0 м	0,53	0,50	0,47	0,30	0,72	0,49	0,48	0,63	0,55	0,36
	0,52	0,51	0,50	0,31	0,73	0,50	0,51	0,65	0,55	0,35
	0,52	0,52	0,52	0,29	0,70	0,52	0,51	0,65	0,58	0,34
	0,54	0,52	0,52	0,27	0,71	0,54	0,52	0,66	0,58	0,35
	0,54	0,52	0,54	0,26	0,69	0,54	0,53	0,65	0,54	0,33
	0,57	0,50	0,54	0,26	0,68	0,51	0,53	0,67	0,53	0,32
	0,55	0,52	0,54	0,26	0,69	0,49	0,54	0,67	0,54	0,31
	0,55	0,55	0,51	0,25	0,71	0,48	0,52	0,71	0,54	0,34
	0,53	0,59	0,46	0,23	0,70	0,48	0,50	0,73	0,54	0,34
	0,55	0,60	0,43	0,21	0,70	0,48	0,45	0,79	0,54	0,35
	0,54	0,62	0,46	0,20	0,69	0,46	0,46	0,79	0,53	0,37
	0,53	0,64	0,47	0,21	0,69	0,47	0,47	0,81	0,55	0,39
	0,54	0,64	0,47	0,22	0,67	0,47	0,47	0,80	0,54	0,38
	0,55	0,62	0,46	0,22	0,65	0,50	0,48	0,81	0,53	0,38
	0,55	0,65	0,48	0,22	0,66	0,52	0,49	0,84	0,51	0,39
	0,53	0,66	0,50	0,24	0,65	0,53	0,50	0,88	0,50	0,38
	0,54	0,67	0,52	0,25	0,67	0,54	0,51	0,88	0,53	0,37
	0,54	0,68	0,51	0,24	0,67	0,54	0,51	0,88	0,54	0,39
	0,54	0,69	0,50	0,26	0,66	0,53	0,52	0,86	0,55	0,40
	0,53	0,67	0,48	0,26	0,67	0,52	0,50	0,84	0,56	0,39
Среднее	0,54	0,59	0,49	0,25	0,69	0,51	0,50	0,76	0,54	0,36
Максимальное	0,57	0,69	0,54	0,31	0,73	0,54	0,54	0,88	0,58	0,40

Таблица 3.5 — Уровень радиационного фона на уровне 1,5 метра на набережной Обводного канала

№ точки/[мкЗв/час]	1	2	3	4	5	6	7
1,5 м	0,22	0,27	0,4	0,36	0,24	0,28	0,34
	0,24	0,28	0,38	0,33	0,29	0,3	0,32
	0,26	0,27	0,38	0,29	0,26	0,3	0,29

	0,26	0,28	0,37	0,28	0,26	0,32	0,29
	0,27	0,29	0,4	0,29	0,24	0,32	0,29
	0,27	0,3	0,4	0,28	0,26	0,32	0,26
	0,28	0,3	0,39	0,27	0,25	0,3	0,25
	0,28	0,31	0,37	0,27	0,26	0,31	0,23
	0,27	0,33	0,37	0,27	0,27	0,3	0,23
	0,26	0,33	0,37	0,27	0,25	0,3	0,21
	0,25	0,32	0,35	0,26	0,25	0,29	0,2
	0,26	0,32	0,36	0,27	0,25	0,28	0,19
	0,27	0,32	0,37	0,26	0,22	0,28	0,2
	0,25	0,31	0,38	0,26	0,24	0,27	0,18
	0,23	0,31	0,37	0,27	0,23	0,26	0,19
	0,23	0,32	0,37	0,28	0,24	0,26	0,19
	0,25	0,31	0,36	0,28	0,26	0,27	0,19
	0,26	0,31	0,37	0,28	0,24	0,27	0,2
	0,27	0,3	0,37	0,29	0,24	0,27	0,21
	0,25	0,32	0,36	0,29	0,23	0,27	0,21
Среднее	0,26	0,31	0,37	0,28	0,25	0,29	0,23
Максимальное	0,28	0,33	0,4	0,36	0,29	0,32	0,34

№ точки/[мкЗв/час]	8	9	10	11	12	13	14
1,5 м	0,26	0,22	0,35	0,2	0,28	0,25	0,49
	0,24	0,24	0,32	0,2	0,28	0,27	0,46
	0,23	0,23	0,31	0,2	0,25	0,27	0,44
	0,23	0,23	0,28	0,2	0,23	0,28	0,43
	0,23	0,24	0,26	0,2	0,21	0,29	0,41
	0,24	0,24	0,25	0,2	0,21	0,27	0,39
	0,23	0,24	0,25	0,21	0,19	0,27	0,38
	0,23	0,25	0,22	0,2	0,18	0,26	0,36
	0,22	0,26	0,21	0,2	0,18	0,26	0,36
	0,22	0,26	0,21	0,2	0,18	0,28	0,35
	0,21	0,25	0,22	0,22	0,19	0,27	0,35
	0,21	0,24	0,21	0,24	0,2	0,26	0,36
	0,23	0,25	0,2	0,23	0,2	0,27	0,34
	0,23	0,26	0,21	0,23	0,2	0,26	0,34
	0,24	0,26	0,21	0,25	0,21	0,23	0,34
	0,23	0,25	0,22	0,26	0,22	0,24	0,33
	0,23	0,24	0,23	0,26	0,21	0,24	0,31
	0,21	0,25	0,21	0,26	0,22	0,24	0,31
	0,22	0,24	0,23	0,25	0,2	0,26	0,34
	0,23	0,23	0,22	0,26	0,19	0,26	0,32

Среднее	0,23	0,24	0,24	0,22	0,21	0,26	0,37
Максимальное	0,26	0,26	0,35	0,26	0,28	0,29	0,49

Таблица 3.6 — Уровень радиационного фона на уровне 1,5 метра на набережной р. Фонтанки

№ точки/[мкЗв/час]	1	2	3	4	5	6
1,5 м	0,33	0,32	0,27	0,28	0,29	0,31
	0,34	0,31	0,26	0,29	0,28	0,3
	0,35	0,31	0,25	0,3	0,27	0,29
	0,34	0,29	0,25	0,25	0,26	0,29
	0,33	0,3	0,23	0,22	0,28	0,29
	0,33	0,29	0,22	0,23	0,27	0,3
	0,34	0,29	0,23	0,32	0,26	0,31
	0,34	0,29	0,22	0,31	0,26	0,3
	0,34	0,3	0,21	0,3	0,26	0,3
	0,37	0,31	0,2	0,31	0,27	0,31
	0,37	0,31	0,2	0,3	0,27	0,31
	0,38	0,31	0,18	0,29	0,26	0,31
	0,36	0,29	0,19	0,29	0,25	0,32
	0,33	0,3	0,22	0,3	0,23	0,31
	0,34	0,28	0,21	0,28	0,24	0,31
	0,35	0,3	0,23	0,29	0,24	0,3
	0,36	0,31	0,26	0,3	0,23	0,29
	0,37	0,29	0,26	0,29	0,25	0,28
	0,37	0,28	0,26	0,3	0,25	0,27
	0,38	0,27	0,26	0,31	0,27	0,29
Среднее	0,35	0,30	0,23	0,29	0,26	0,30
Максимальное	0,38	0,32	0,27	0,32	0,29	0,32

Таблица 3.7 — Уровень радиационного фона на уровне 1,5 метра на Адмиралтейской набережной

№ точки/[мкЗв/час]	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1,5 м	0,42	0,47	0,39	0,28	0,56	0,39	0,38	0,71	0,51	0,32
	0,41	0,47	0,39	0,25	0,55	0,38	0,38	0,66	0,50	0,31
	0,39	0,49	0,37	0,27	0,54	0,38	0,39	0,61	0,49	0,31
	0,36	0,50	0,39	0,27	0,54	0,37	0,39	0,58	0,48	0,31
	0,35	0,51	0,39	0,25	0,54	0,35	0,39	0,54	0,45	0,30
	0,36	0,51	0,41	0,26	0,54	0,36	0,40	0,53	0,42	0,31
	0,36	0,50	0,40	0,26	0,54	0,36	0,41	0,51	0,39	0,29
	0,36	0,50	0,37	0,24	0,53	0,36	0,38	0,51	0,38	0,28
	0,35	0,50	0,36	0,25	0,52	0,35	0,37	0,53	0,38	0,27
	0,35	0,48	0,36	0,25	0,54	0,35	0,36	0,55	0,39	0,25
	0,36	0,47	0,37	0,25	0,55	0,34	0,36	0,54	0,37	0,25
	0,37	0,48	0,36	0,26	0,57	0,37	0,35	0,53	0,36	0,25
	0,38	0,48	0,39	0,28	0,60	0,36	0,34	0,52	0,35	0,25
	0,37	0,46	0,40	0,31	0,58	0,37	0,37	0,53	0,34	0,26
	0,36	0,50	0,39	0,31	0,54	0,36	0,39	0,53	0,35	0,26
	0,36	0,49	0,39	0,31	0,54	0,36	0,40	0,53	0,35	0,26
	0,35	0,46	0,38	0,31	0,52	0,35	0,38	0,52	0,33	0,28
	0,35	0,46	0,38	0,30	0,51	0,35	0,39	0,52	0,34	0,27
	0,36	0,46	0,39	0,29	0,52	0,36	0,39	0,51	0,34	0,28
	0,36	0,44	0,41	0,30	0,53	0,34	0,40	0,51	0,35	0,29
Среднее	0,37	0,48	0,38	0,28	0,54	0,36	0,38	0,55	0,39	0,28
Максимальное	0,42	0,51	0,41	0,31	0,6	0,39	0,41	0,71	0,51	0,32

По полученным средним и максимальным значениям гамма-излучения гранитов и радиационного фона на каждой станции, были построены графики изменения уровня излучения от станции к станции на каждой набережной (рисунки 3.7 – 3.9).

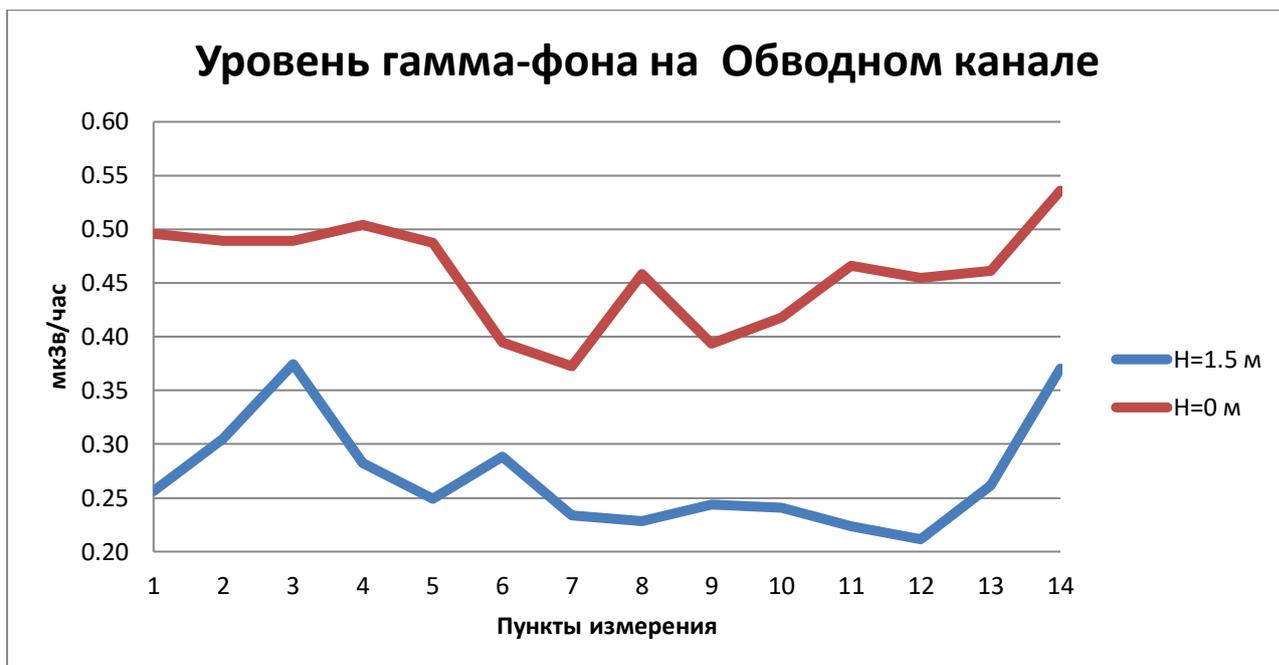


Рисунок 3.7 – График изменения уровня излучения на высоте 0 и 1.5 метров на Обводном канале

По графику видно, что гамма-фон на гранитах превышает гамма-фон на высоте 1.5 метров от уровня земли на всех пунктах измерений. Максимальное значение 0,54 мкЗв/час на граните на набережной Обводного канала соответствует значению фона 0,37 мкЗв/час в атмосферном воздухе. Минимальное значение 0,37 мкЗв/час на граните соответствует значению 0,23 мкЗв/час в атмосферном воздухе на высоте 1,5 метров от земли.

Гамма-фон на гранитах на всех пунктах измерения превышает нормальное фоновое значение радиационного фона, которое составляет 0,30 мкЗв/час. Радиационный фон, измеренный на уровне 1,5 метра от земли, превышает норму в 0,30 мкЗв/час в пунктах 3 и 14 на Обводном канале, на остальных пунктах радиационный фон не превышает норму.

Коэффициент корреляции: 0,14 , значим.

С 6 по 7 наблюдается синхронное понижение уровней излучения.

С 12 по 14 пункты наблюдается синхронное повышение уровней излучения.

На остальной протяженности набережной такой взаимосвязи не наблюдается.



Рисунок 3.8 — График изменения уровня излучения на высоте 0 и 1.5 метров на набережной р. Фонтанки

По графику видно, что гамма-фон на гранитах превышает гамма-фон на высоте 1.5 метров от уровня земли практически на всех пунктах измерений. Максимальное значение 0,49 мкЗв/час на граните на набережной реки Фонтанки соответствует значению фона 0,31 мкЗв/час в атмосферном воздухе. Минимальное значение 0,29 мкЗв/час на граните соответствует минимальному значению 0,23 мкЗв/час в атмосферном воздухе на высоте 1,5 метров от земли.

Гамма-фон на гранитах на всех пунктах измерения, кроме 3, превышает нормальное фоновое значение радиационного фона, которое составляет 0,30 мкЗв/час. Радиационный фон, измеренный на уровне 1,5 метра от земли, превышает норму в 0,30 мкЗв/час в пункте 1 и составляет 0,35 мкЗв/час на набережной р. Фонтанки, на остальных пунктах радиационный фон не превышает норму.

Коэффициент корреляции 0,20 , значим.

На графике видно синхронное увеличение и уменьшение уровней излучения гранитов и радиационного фона, начиная со второго пункта.

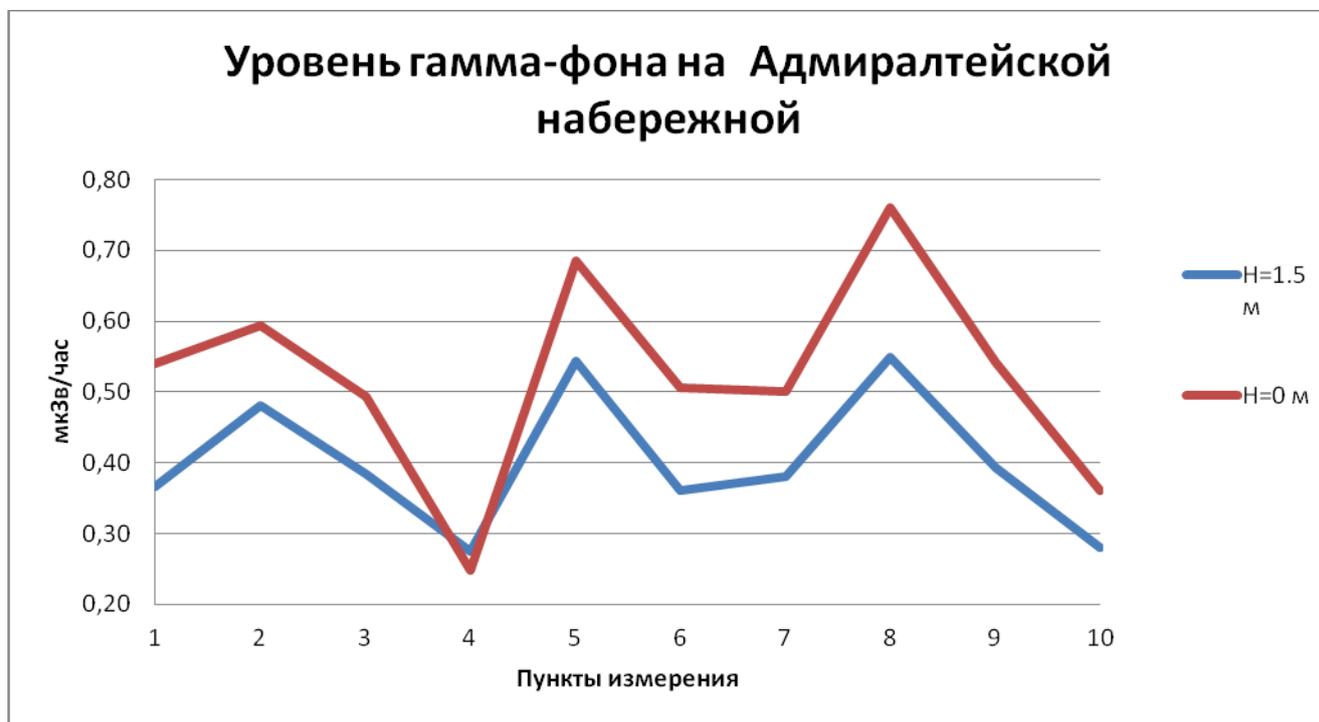


Рисунок 3.9 — График изменения уровня излучения на высоте 0 и 1.5 метров на Адмиралтейской набережной

По графику видно, что гамма-фон на гранитах превышает гамма-фон на высоте 1.5 метров от уровня земли практически на всех пунктах измерений. Максимальное значение 0,76 мкЗв/час на граните на Адмиралтейской набережной соответствует значению фона 0,55 мкЗв/час в атмосферном воздухе. Минимальное значение 0,25 мкЗв/час на граните соответствует минимальному значению 0,28 мкЗв/час в атмосферном воздухе на высоте 1,5 метров от земли.

Гамма-фон на гранитах на всех пунктах измерения, кроме 4, превышает нормальное фоновое значение радиационного фона, которое составляет 0,30 мкЗв/час. Радиационный фон, измеренный на уровне 1,5 метра от земли, превышает норму в 0,30 мкЗв/час на всех пунктах измерений,

кроме пункта 4, в данном пункте фон находится в пределах нормы и составляет 0,27 мкЗв/час. Максимальное превышение составляет 0,54 мкЗв/час и наблюдалось на Адмиралтейской набережной в пунктах 5 и 8, на остальных пунктах радиационный фон так же превышает норму.

Коэффициент корреляции 0,84, значим. Присутствует положительная высокая взаимосвязь двух параметров, что видно по графику. С первого и до крайнего пункта видно синхронное увеличение и понижение гамма-излучения гранитов и радиационного фона.

Так же из полученных графиков видно, что Адмиралтейская набережная самый высокий уровень гамма-излучения как на уровне 0 метров, так и на 1,5 метра.

Радиационный фон на Адмиралтейской набережной имеет прямую взаимосвязь с излучением гранитов.

Наименее показательный пример касается Обводного канала, где эта связь видна неоднозначно, и излучение гранитов в некоторых местах набережной не влияет на радиационный фон.

На набережной реки Фонтанки связь радиационного фона и излучения гранитов так же присутствует, что видно из графика.

Измерения так же были проведены в Покровском сквере на пл. Тургенева (Адмиралтейский район). Измеренные данные на уровне 0 метров (покрытие-асфальт) и 1,5 метра от земли, среднее и максимальное значения приведены в таблице 3.8.

Таблица 3.8 – Уровень гамма-излучения на уровне 0 метров и радиационного фона на уровне 1,5 метра от земли в Покровском сквере.

№измерения/D	0 метра	1,5 метра
	мкЗв/час	
	0,27	0,25
	0,26	0,24
	0,27	0,24
	0,26	0,23
	0,25	0,25
	0,26	0,25
	0,25	0,24
	0,26	0,24
	0,24	0,25
	0,24	0,26
	0,26	0,24
	0,25	0,26
	0,25	0,27
	0,25	0,26
	0,25	0,27
	0,26	0,26
	0,24	0,27
	0,24	0,28
	0,23	0,26
Среднее	0,25	0,25
Максимальное	0,27	0,28

Из таблица 3.8 видно, что уровень гамма-излучения на 0 метров и на 1,5 метра – 0,25 мкЗв/час не превышает нормального значения радиационного фона, который составляет 0,30 мкЗв/час. Максимальные значения на уровне 0 и 1,5 метра – 0,27 и 0,28 мкЗв/час соответственно, так же не превышают этот порог.

Среднее значение интенсивности излучения на уровне 0 метров и 1,5 метра от земли в существенном отдалении от гранитов в обоих случаях равно 0,25 мкЗв/час.

В Адмиралтейском районе располагается пост АСКРО СПб на ул. Пестеля.

По данным источника ГГУП Минерал, среднее значение радиационного фона по Адмиралтейскому району за 2019 год (последние полные данные) 0,16 мкЗв/час. Средние значения фона представлены на рисунке 3.10.



Рисунок 3.10 — График хода радиационного фона в Адмиралтейском районе за 2019 год.

Из графика видно, что средние значения измеренные постом АСКРО СПб не превышают значение нормального радиационного фона – 0,30 мкЗв/час.

Таким образом, радиационный фон, измеренный в ходе данной работы, в отдалении от набережных, в центре рассматриваемого района находится в норме.

Данные источника не сошлись с собственными измеренными данными.

Корреляционный анализ гамма-излучения на уровне 0 метров и 1.5 метра. Результаты парной корреляции рядов значений гамма-излучения на уровне 0 метров и 1.5 метра нахождение связи между ними приведены в таблице 3.9.

Таблица 3.9 – Корреляционный анализ уровня излучения на высоте 0 и 1.5 метров на Обводном канале, р. Фонтанки, Адмиралтейской набережной.

Обводный канал		
	0 метров	1,5 метра
0 метров	1	
1,5 метра	0,14	1
р. Фонтанка		
	0 метров	1,5 метров
0 метров	1	
1,5 метров	0,20	1
Адмиралтейская набережная		
	0 метров	1.5 метра
0 метров	1	
1.5 метра	0,84	1

Полученные коэффициенты корреляции были проверены на статистическую значимость с использованием критерия Стьюдента. Расчетные значения статистики Стьюдента сравнивались с критическим значением при уровне значимости 5 % и числе степеней свободы (n-2).

Для Обводного канала:

Критическое значение при уровне значимости 5% $t_{\text{критич}} = 1,968$.

t-критерий Стьюдента $t = 2,280$, $t > t_{\text{критич}}$ – коэффициент корреляции значим.

Для р. Фонтанки:

Критическое значение при уровне значимости 5% $t_{\text{критич}} = 1,98$.

t-критерий Стьюдента $t = 2,268$, $t > t_{\text{критич}}$ – коэффициент корреляции значим.

Для Адмиралтейской набережной:

Критическое значение при уровне значимости 5% $t_{\text{критич}} = 1,972$.

t-критерий Стьюдента $t = 21,699$, $t > t_{\text{критич}}$ – коэффициент корреляции значим.

Коэффициенты корреляции статистически значимы для всех параметров.

По значениям из таблицы 3.9 видно, что корреляционная связь между рядами значений излучения на уровнях 0 и 1,5 метров:

- для Обводного канала характеризуется, как слабая положительная;
- для р.Фонтанки характеризуется, как слабая положительная;
- для Адмиралтейской наб. характеризуется, как сильная положительная.

Таким образом, в некоторых местах Обводного канала гранитные набережные влияют, а именно повышают радиационный фон в непосредственной близости от себя.

На набережной р.Фонтанки локально влияния гранитов на радиационный фон не было выявлено, но на большей части протяженности реки это влияние присутствует.

Гамма-излучение гранита на Адмиралтейской набережной повышается радиационный фон на всей её протяженности.

– Радиационный фон на Адмиралтейской набережной относится к «повышенному», на Обводном канале и р.Фонтанке к «допустимому».

Расстояние от гранитных набережных города определяет величину радиационного фона. Радиационный фон повышается при приближении к гранитным набережным и наоборот. Радиационный фон как на земле, так и в атмосферном воздухе в отдаленном месте от набережных не превышает норму в 0,30 мкЗв/час, и колеблется в пределах до 0,25 мкЗв/час.

Радиационный фон, измеренный в ходе данной работы, в отдалении от набережных в центре рассматриваемого района находится в норме, и составляет 0,25 мкЗв/час на обоих уровнях замеров излучения: 0 метров и 1,5 метра. Полученные результаты, не подтверждают данные стороннего источника.

Таким образом, граниты существенно повышают радиационный фон в непосредственной близости от себя.

4 Практические рекомендации

Измерения радиационного фона и гамма-излучения подтвердил естественную радиоактивность натурального гранита, которым облицовывали речной фасад города.

Но такая радиоактивность материала не представляет опасности для здоровья при их повседневном временном нахождении на набережных. Для зданий такое строительное решение допустимо только для внешних отделочных работ.

Гранит используют по ряду преимуществ, из которых высокая долговечность, эстетический вид, водонепроницаемость, устойчивость к воздействию окружающей среды. То есть альтернатива граниту в городской архитектуре должна обладать этими же качествами.

Альтернативу граниту в городской архитектуре могут составить: фибробетон, искусственные камни, **бетон с низким содержанием именно гранитного щебня**, стеклопластик. Бетон при качественной заливке, шлифовке, и обработке химическими средствами так же может придать строгий изысканный вид.

Искусственному камню и стеклопластику возможно добавить пластики, которую невозможно добавить натуральным материалам при традиционной обработке камня, эмитировать нужный рисунок и цвет.

Стеклопластик имеет высокий срок службы и низкие затраты на обслуживание и ремонт. Тем не менее, сейчас и в ближайшем будущем гранит будет являться наилучшим материалом для мощения набережных.

Применительно к Адмиралтейскому району можно порекомендовать последующую частичную реконструкцию набережных с помощью приведенных выше материалов, когда наиболее намываемые места берега остаются при граните, остальные заменяются альтернативными материалами.

Понизить локальное высокое ионизирующее излучение гранитов на Адмиралтейской набережной, в отдельных её частях можно, применив внешнее покрытие гранитных блоков листами, имеющих в своем составе тяжелые металлы: свинец, сталь, вольфрам и т.д.. Это метод экранирования. И тем металл эффективен в качестве отражателя ионизирующего излучения, чем выше будет его атомный номер.

Периодическое покрытие наиболее высокоактивных гранитов на Адмиралтейской набережной и р. Фонтанки баритовыми, барито-бетонными растворами (нуждаются в защитном покрытии), магнезиально — баритовыми смесями. Это покрытия-ослабители, которые снижают пропускную способность излучения за счет своей высокой плотности.

Места с наиболее высоким уровнем излучения можно отгородить от окружающей среды бетонными заграждающими перекрытиями в верхней и нижних частях набережных, толщина которых рассчитывается исходя из интенсивности излучения.

Жилые дома, административные здания и т.д., которые находятся в непосредственной близости к местам с высокорadioактивным гранитом в Адмиралтейском районе, для уменьшения проходящего излучения или его экранирования, покрывать с внешней стороны домов и внутри баритовыми строительными смесями, или использовать при строительстве магнезиально-баритовые строительные материалы.

При строительстве новых домов использовать защиту расстоянием, т.е. выбирать места под застройку максимально возможные отдаленные от Адмиралтейской набережной.

Так же для рассматриваемых набережных самой эффективной и малозатратным мероприятием защиты станет защита временем, т.е. рекомендуется ограничить время постоянного пребывания на граните до 4 часов в сутки при прогулках, исходя из того, что излучения гранита

повышают среднюю годовую дозу облучения человека — 5 мЗв/год примерно на 2 мЗв/год.

Не рекомендуется заниматься шлифованием набережного гранита и прочими физическими воздействиями без применения индивидуальных средств защиты—специальных противопылевых респираторов.

Заключение

В результате выполнения работы были сделаны следующие выводы:

– Гамма-фон на гранитах практически на всех пунктах измерения превышает нормальное фоновое значение радиационного фона, которое составляет 0,30 мкЗв/час;

– Радиационный фон, измеренный на уровне 1,5 метра от земли, превышает норму в 0,30 мкЗв/час в некоторых пунктах измерения:

- на Обводном канале до 0,37 мкЗв/час
- На набережной р.Фонтанки до 0,35 мкЗв/час
- Адмиралтейская набережная до 0,55 мкЗв/час.

Территория Адмиралтейской набережной имеет самый высокий уровень радиационного фона на уровне 1,5 метра;

– Адмиралтейская набережная имеет самый высокий уровень гамма-излучения как на уровне 0 метров: максимальное — 0,88 мкЗв/час, максимальное среднее значение — 0,76 мкЗв/час;

– На Обводном канале излучение гранитов в некоторых местах набережной не влияет на радиационный фон на большей части протяженности набережной, взаимосвязь этих параметров слабая;

– На набережной реки Фонтанки связь радиационного фона и излучения гранитов присутствует на её большей протяженности, связь положительная;

– Высокие значения радиационного фона на Адмиралтейской набережной имеет высокую взаимосвязь с гамма-излучением гранитов, т.е. граниты повышают радиационный фон вдоль неё, связь высокая положительная;

– Радиационный фон на Адмиралтейской набережной относится к «повышенному», на Обводном канале и р.Фонтанке к «допустимому».

Корреляционный анализ рядов значений гамма-фона на уровне 0 метров и радиационного фона на уровне 1,5 метра показал, что связь этих двух параметров:

- для Обводного канала характеризуется, как слабая положительная;
- для р.Фонтанки характеризуется, как слабая положительная;
- для Адмиралтейской наб. характеризуется, как сильная положительная.

Таким образом, в пределах этих объектов значения радиационного фона повышаются при увеличении излучения гранитов и наоборот.

Радиационный фон, измеренный в ходе данной работы в отдалении от набережных: среднее значение – 0,25 мкЗв/час и максимальное – 0,28 мкЗв/час находятся в норме и не превышают 0,30 мкЗв/час.

Значения радиационного фона, измеренных в отдалении от набережных на уровне 0 метров (покрытые-асфальт) и 1,5 метра над уровнем земли равны, и составляют 0,25 мкЗв/час. Таким образом, граниты существенно повышают радиационный фон.

Значения радиационного фона в Адмиралтейском районе, полученные в ходе данной работы, не подтверждают показания источника ГГУП Минерал и превышают их.

Список использованных источников

1. Крышев И.И., Сазыкина Т.Г. Радиационная безопасность окружающей среды (обзор) //Радиация и риск. 2018. Т. 27, № 3. С. 113-131;
2. Dolchinkov N.T. Sources of natural background radiation //Security and Defence Quarterly. 2017. V. 16, N 3. P. 40-51;
3. Историк О.А., Еремина Л.А., Барковский А.Н., Кормановская Т.А., Ахматдинов Р.Р. Облучение населения Ленинградской области за счёт природных источников ионизирующего излучения //Радиационная гигиена. 2018. Т. 11, № 2. С. 91-97;
4. Бердников П.В., Горький А.В. Изучение радоноопасности территории Санкт-Петербурга и Ленинградской области //АНРИ. 2008. № 2(53). С. 56-59;
5. Салдан И.П., Баландович Б.А., Поцелуев Н.Ю., Швед О.И., Филиппова С.П., Жукова О.В., Нагорняк А.С. Анализ распределения компонентов природного радиационного фона и гигиеническая оценка продуктов питания по содержанию радионуклидов на территории Алтайского края //Здоровье населения и среда обитания. 2017. № 11. С. 49-52.
6. Ракитин И.А., Горский Г.А. Радиационная обстановка, организация и обеспечение надзора за радиационной безопасностью населения Санкт-Петербурга //Радиационная гигиена. 2008. Т. 1, № 2. С. 36-46;
7. Барковский А.Н., Барышков Н.К., Сапрыкин К.А., Титов Н.В. Оптимизация радиационного мониторинга, проводимого в субъектах Российской Федерации в рамках радиационно-гигиенической паспортизации //Радиационная гигиена. 2014. Т. 7, № 1. С. 36-48;

8. Воеводин В.А., Коваленко В.В., Кургуз С.А. «Уникальная радоновая аномалия в с. Атаманово Красноярского края» // ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Красноярском крае», г. Красноярск. 2017. С. 1-7 // <http://elib.sfu-kras.ru/>;

9. Историк О.А., Еремина Л.А., Кормановская Т.А., Королева Н.А., Балабина Т.А. Уровни содержания радона в воздухе помещений детских учреждений Волосовского района Ленинградской области //Актуальные вопросы радиационной гигиены: сб. докладов межд. науч.-практ. конф., 23-24 октября 2018 г., Санкт-Петербург. СПб: ФБУН НИИРГ им. П.В. Рамзаева, 2018. С. 132-135;

10. Состояние окружающей среды Ленинградской области в 2010 году. Статистический сборник. СПб: Петростат, 2011. 38 с.;

11. Кочедамов В.И. Набережные Невы. Ленинград —Москва: Государственное издательство литературы по строительству и архитектуре, 1954. — 180 с.;

12. Государственный доклад «О санитарно-эпидемиологической обстановке в Российской Федерации в 2018 году» СПб: Управление Роспотребнадзора по г. Санкт-Петербургу, 2019. 300 с.;

13. Доклад об экологической ситуации в Санкт-Петербурге в 2011 году /под ред. Д.А. Голубева, Н.Д. Сорокина. СПб: ООО «Сезам-Принт», 2012. 190 с.;

14. Барковский А.Н., Братилова А.А., Кормановская Т.А., Ахматдинов Р.Р., Ахматдинов Р.Р. Динамика доз облучения населения Российской Федерации за период с 2003 по 2018 г. //Радиационная гигиена. 2019. Т. 12, № 4. С. 96-122;

15. Главный государственный санитарный врач Российской Федерации постановление от 7 июля 2009 года N 47 Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009 Санитарные правила и нормативы СанПиН 2.6.1.2523-09 // <https://base.garant.ru/4188851/53f89421bbdaf741eb2d1ecc4ddb4c33/>;

16. Санкт-Петербургское государственное геологическое унитарное предприятие «Специализированная фирма «Минерал». [Электронный ресурс]. URL: <http://www.sc-mineral.ru/>;

17. Распоряжение Комитета по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности Правительства Санкт-Петербурга от 4 декабря 2007 года № 132-р «Об автоматизированной системе контроля радиационной обстановки Санкт-Петербурга»;

18. ООО «Ростехника», Россия. [Электронный ресурс]. URL: <https://rosstehnika.ru/item.php?id=28>;

19. Радиационный контроль и санитарно-эпидемиологическая оценка земельных участков под строительство жилых домов, зданий и сооружений общественного и производственного назначения в части обеспечения радиационной безопасности. Методические указания МУ 2.6.1.2398-08. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009; С.79;

20. В. С. Рогалис, А. А. Шилов, О. Н. Гурьянова. Радиационная безопасность в угольных шахтах не миф, а реальность [Электронный ресурс] // Cyberleninka.ru: научная электронная библиотека 2011. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/radiatsionnaya-bezopasnost-v-ugolnyh-shahtah-ne-mif-a-realnost/viewer>;

21. Фёдоров В.Н., Тихонова Н.А., Новикова Ю.А., Ковшов А.А., Историк О.А., Мясников И.О. Проблемы гигиенической оценки качества

атмосферного воздуха населённых мест на примере городов Ленинградской области // Гигиена и санитария. 2019. Т. 98, № 6. С. 657-664;

22. Главный государственный санитарный врач Российской Федерации постановление от 26 апреля 2010 г. N 40 об утверждении СП 2.6.1.2612-10 "Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010)"

// <https://base.garant.ru/12177986/53f89421bbdaf741eb2d1ecc4ddb4c33/>.

23. Комитет по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности от 04.12.2007 N 132-р Положение об автоматизированной системе контроля радиационной обстановки Санкт-Петербурга // <https://docs.cntd.ru/document/8477120>;

24. Шулейкин В.Н., Резниченко А.П., Пущина Л.В. О связях метана водорода и радона почвенного воздуха // Материалы Всерос. конф. «Дегазация Земли: геодинамика, геофлюиды, нефть, газ и их парагенезы». М., 2008. С. 544–546;

25. Войтов Г.И., Гусев А.С., Шулейкин В.Н. и др. Эманационные (водород-радоновые) и электрические эффекты над сложнопостроенными тектоническими структурами (на примере Александровской зоны предразломных поднятий, Белоруссия) // Докл. РАН. 2000. Т. 370, № 1. С. 105–108;

26. Степаненко А.А., Рябкина К.С. Влияние дождевых осадков на радиационный фон окружающей среды // Иностраный язык в контексте проблем профессиональной коммуникации: материалы II Международной научной конференции, г. Томск, 27-29 Апреля 2015 г. – Томск: НИ ТПУ, 2015 – С. 69 – 70;

27. Силантьев К.А. Автоматизированные спектрометрические системы контроля радиационной обстановки// <http://www.atom.nw.ru/atc/obninsk/spektrpost.html>;

28. Яковлева В.С., Ипполитов И.И., Кабанов М.В., Нагорский П.М., Фирстов П.П., Каратаев В.Д., Вуколов А.В., Смирнов С.В., Паровик Р.И. Скоординированный многофакторный эксперимент по анализу процессов поступления почвенного радона в приземный слой атмосферы // АНРИ. 2009. № 4. С. 55–60.;

29. М.Е. Берлянд, Е.Л. Генихович, С.С. Чичерин Атмосферная диффузия и загрязнение воздуха// Ленинград Гидрометеиздат 1984;

30. Стыро Б.И. Самоочищение атмосферы от радиоактивных загрязнений. Л.: Гидрометиздат, 1968. 290 с.;

31. Яковлев Е.Ю., Дружинин С.В., Быков В.М. Влияние короткоживущих радиоактивных изотопов на изменение гамма-фона во время осадков на европейском севере России // Успехи современного естествознания. – 2017. – № 6. – С. 123-129;

32. Яковлева В.С., Санников Ф.А., Лужанчук Я.В. Моделирование переноса изотопов радона и дочерних продуктов распада в приземной атмосфере // Известия ВУЗов. Физика. –2010. – Т. 53. – № 11/2. – С. 79–85;

33. Кароль И. Л., Радиоактивные изотопы и глобальный перенос в атмосфере, Л., 1972; Израэль Ю. А., Мирные ядерные взрывы и окружающая среда, Л., 1974;

35. Шулейкин В.Н., Резниченко А.П., Пущина Л.В. О связях метана водорода и радона почвенного воздуха // Материалы Всерос. конф. «Дегазация Земли: геодинамика, геофлюиды, нефть, газ и их парагенезы». М., 2008. С. 544–546;

36. Стыро Б.И. Вопросы ядерной метеорологии. Вильнюс, 1959. 418 с.;

37. Качан С.М. «Взаимодействие гамма-излучения с веществом» методические указания к выполнению лабораторной работы по дисциплине «Защита от ионизирующих излучений». Уч.-изд. // Белорусский национальный технический университет. № 02330/0494349 от 16.03.2009. С.64.г. Минск;

38. Машкович В.П., Кудрявцева А.В. Защита от ионизирующих излучений. — М.: Энергоатомиздат, 1995, 495 с..

Список сокращений и обозначений

АО — объемная активность;

АСКРО СПб — автоматизированная система контроля радиационной обстановки Санкт-Петербурга;

ИИИ — источники ионизирующего излучения;

РФ — радиационный фон;

ОСПОРБ-99/2010 — основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности,

НРБ-99/2009 — нормы радиационной безопасности.