



**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: «Исследование гамма-излучения от природных источников
в г. Выборг Ленинградской области»**

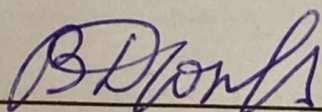
Исполнитель

Толстова Юлия Олеговна
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель

кандидат географических наук, доцент
(ученая степень, ученое звание)
Дроздов Владимир Владимирович
(фамилия, имя, отчество)

**«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой**


(подпись)

кандидат географических наук, доцент
(ученая степень, ученое звание)
Дроздов Владимир Владимирович
(фамилия, имя, отчество)

« » ноября 2022 г.

Санкт-Петербург
2022

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. Ионизирующая радиация и ее источники в городских условиях.....	7
1.1 Особенности воздействия ионизирующей радиации на организм человека	7
1.2 Природные и техногенные источники ионизирующей радиации.....	13
1.3 Гранитные породы и их радиозэкологическая опасность	19
1.4 Использование гранитных пород в строительных и отделочных материалах.....	21
2. Геологическое строение территории Ленинградской области и природные источники ионизирующего излучения.....	25
2.1 Радиоактивные горные породы и их распределение.....	25
2.2. Геологические особенности г. Выборг и его окрестностей	26
3. Натурные измерения гамма-излучения на территории г. Выборга и ландшафтного парка Монрепо.....	33
3.1 Обоснование выбора станций наблюдений.....	33
3.2 Характеристика дозиметра Соекс-Кантум	45
3.3 Результаты измерений гамма-излучения на территории г. Выборг.....	50
3.4 Результаты измерений гамма-излучения на территории ландшафтного парка Монрепо	53
3.5 Обобщение и анализ полученных результатов	57
4 Практические рекомендации	62
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	65
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	68

ВВЕДЕНИЕ

Ионизирующие излучения различной природы представляют значительную опасность для жизнедеятельности человека и природных биоценозов. Основную угрозу в настоящее время представляют последствия аварий на атомных электростанциях. Развитие новых технологий основанных на свойствах ионизирующего излучения, создало ряд экологических проблем, связанных с трудностью утилизации радиоактивных отходов, распространением ядерного оружия, а также с техногенными авариями, в том числе на Чернобыльской АЭС и АЭС «Фукусима-1». О важности проблем связанных с радиационным загрязнением свидетельствуют многочисленные международные соглашения: Конвенция о помощи в случае ядерной или радиационной аварийной ситуации (1986 г.), Венская конвенция о гражданской ответственности за ядерный ущерб (1997 г.), Объединенная конвенция о безопасности обращения с отработавшим топливом и о безопасности обращения с радиоактивными отходами (1997 г.), Кодекс поведения по обеспечению безопасности и сохранности радиоактивных источников (2004 г.) и другие. В целом, правовым, организационным и техническим вопросам радиационной безопасности и контролю за радиационным фоном уделяться внимание на всех уровнях государственной власти – федеральном, региональном и муниципальном.

Однако и вклад природных источников в радиационный фон в ряде регионов России и Мира существенный. Некоторые горные породы, используемые в качестве строительных или отделочных материалов содержат природные радиоизотопы. Прежде всего, к ним относятся магматические породы – граниты и базальты.

В Российской Федерации в 2009 г. были утверждены Санитарные правила и нормативы – СанПиН 2.6.1.2523-09 «Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009», которые применяются для оценки опасности

ионизирующего излучения от техногенных (техногенного, медицинского характера), и природных источников.

Государственный надзор и контроль за радиационной обстановкой на федеральном уровне осуществляют Федеральная службы по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор), Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Роспотребнадзор). В городе Санкт-Петербурге и Ленинградской области эти функции возложены на Центр гигиены и эпидемиологии, который входит в единую федеральную централизованную систему органов и учреждений, осуществляющих и обеспечивающих государственный санитарно-эпидемиологический надзор.

При проектировании и строительстве объектов жилого фонда и инфраструктуры, материалы необходимо использовать с учётом требований по радиационной безопасности. Однако, многие объекты капитального строительства в городах, построенные в XIX–XX вв., и даже раньше, сооружены с использованием материалов, которые могут представлять угрозу ионизирующего облучения. Это, в частности, граниты, применяемые для облицовки зданий, внутренних отделочных работ, сооружении лестниц и набережных. Особенно актуальна данная проблема для Северо-Запада РФ, а именно – г. Санкт-Петербург и Ленинградской области. Именно здесь гранит являлся наиболее дешёвым и доступным материалом, используемым при основании и развитии многих городов. Крупные месторождения гранита различных типов имеются как в Ленинградской области, так и в Республике Карелия. И сейчас активно функционируют многие карьеры поставляющие товарный гранитный блок и щебень для строительных работ, например в Выборгском районе Ленинградской области. Гранит, как и другие породы магматического происхождения, считается одним из основных среди горных пород по удельной активности радиоизотопов ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K , ^{87}Rb в Бк/кг. Радиоактивность гранитов зависит также от содержания кварца в породе.

Продолжительное пребывание человека на территориях с повышенным значением радиационного фона негативно сказывается на состоянии здоровья людей. При этом результаты взаимодействия отразятся не только на самом организме, но также проявятся на будущих поколениях, т.к. ионизирующая радиация не только поражает все системы организма, но и является сильным мутагенным фактором.

Цель работы: оценка гамма-излучения от природных источников в г. Выборг Ленинградской области и разработка практических рекомендаций по снижению радиационного воздействия на население.

Задачи исследования:

- провести натурные измерения и получить оценочные данные характеризующие гамма-излучение от магматических пород в природных ландшафтах, а также в городской среде, включая строительные и отделочные материалы на их основе;
- изучение литературы по проблемам радиационного загрязнения окружающей среды;
- выполнить анализ полученных результатов исследования и разработать практические рекомендации по снижению потенциального негативного воздействия от природных магматических источников гамма-излучения.

Объектом исследования будет являться территория г. Выборг и государственный историко-архитектурный и природный музей-заповедник парк «Монрепо» в его окрестностях, на территории которых имеются значительные выходы на поверхность магматических пород, в том числе грантов.

Предмет исследования – уровень гамма-излучения от магматических горных пород, в городской среде и в рекреационной зоне.

Таким образом, актуальность данного исследования, вполне очевидна. Настоящая работа может внести определённый вклад в развитие системы мониторинга окружающей среды на региональном уровне, а также будет

способствовать привлечению внимания к проблеме обеспечения радиационной безопасности населения в городской среде.

Материалы исследования: литературные сведения в отношении особенностей влияния ионизирующего излучения на организм человека, данные о природных источниках ионизирующего излучения в городской среде и естественной среде, а также собственные натурные данные, полученные при измерениях гамма-излучения в парке Монрепо и г. Выборг с использованием портативного дозиметра SoeksQuantum. Данный прибор входит в Государственный реестр средств измерений.

Методы исследования:

- теоретические (анализ научной литературы по проблеме исследования, нормативных документов и методических рекомендаций);
- инструментальный (проведение полевых исследований посредством дозиметра SoeksQuantum);
- математический расчетный (определение средних значений гамма-излучения у поверхности земли; на расстоянии 1,5м от поверхности);
- сравнительный (сравнение уровня гамма-излучений в разных точках проведения замеров).

Практическая значимость: результаты исследования будут способствовать выработке рекомендаций по защите населения от действия ионизирующего излучения, исходящего от природных источников. Полученные результаты инструментальной оценки могут дать представление об уровне влияния природных источников гамма-излучения на естественный фон в природном парке Монрепо и г. Выборг Ленинградской области.

1. Ионизирующая радиация и ее источники в городских условиях

1.1. Особенности воздействия ионизирующей радиации на организм человека

Для того, чтобы конкретнее обозначить, какой фактор воздействия на организм будет рассматриваться в настоящем разделе, приведём определение и краткую характеристику ионизирующего излучения.

Ионизирующее излучение – это электромагнитное излучение (рентгеновское, гамма) и излучение частиц (альфа, бета), сопровождаемое выделением энергии. Для того, чтобы проявилось ионизирующее излучение, необходимо присутствие источника излучения, каким является, например, изотоп радиоактивного элемента или рентгеновской трубки. Широко применяется в медицине для осуществления диагностических процедур. [2]

В зависимости от происхождения источника ионизирующее излучение бывает естественным или искусственным (рис. 1.1).

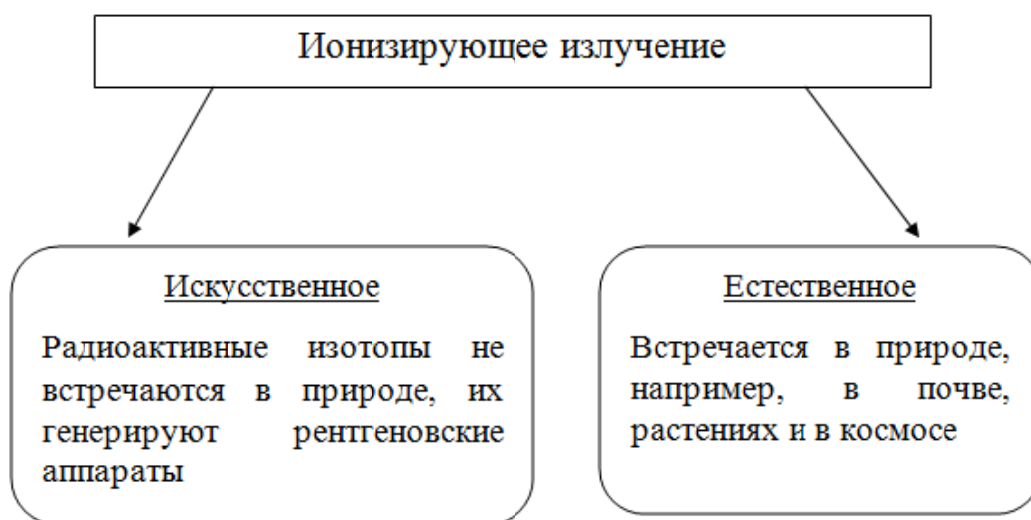


Рисунок 1.1 – Виды ионизирующих излучений.

К естественным источникам основным образом относятся радиоактивные элементы литосферы и атмосферы, а кроме того космические лучи [2];

К искусственным источникам определяют радиоактивные элементы, производство которых осуществляется в ядерных реакторах (например,

плутоний) или устройствах-генераторах ионизирующего излучения (рентгеновские аппараты, кобальтовые бомбы) [2].

По типу частиц ионизирующее излучение может быть альфа, бета, нейтронное и протонное [2].

Более подробно об источниках ионизирующего излучения речь пойдёт в следующем разделе, сейчас остановим внимание на том, как ионизирующее излучение воздействует на организм человека.

Рассматриваемое излучение сопровождало человека на протяжении всего периода существования вида. Некоторые учёные полагают, что оно также являлось одним из значимых факторов эволюции, т.к. могло привести к возникновению и закреплению мутаций. Таким образом, человек неизбежно поглощает определённую дозу излучения, и если величина этой дозы не превышает установленные гигиенические нормы, это никаким образом не отражается на его жизнедеятельности.

К повышению естественного радиационного фона могут привести многие факторы. Например, истончение слоя атмосферы, через который проходит космическое излучение, что заметно, например, в приполярных и полярных областях. Следовательно, люди, проживающие в указанных условиях, получают большую дозу радиации. Существует также высотная закономерность: находясь на уровне моря организм получает меньшую дозу излучения, чем в высокогорных областях [2, 13].

В среднем, из окружающей среды человек каждый день получает определённую долю радиации. Рассчитана, например, среднечасовая суммарная доза излучений, приходящихся на 1 человека – она составляет величину в 0,20 - 0,25 микрозиверта в час и представляет из себя суммарное значение от космического излучения (0,035 микрозиверта/час), инкорпорированных излучений (пища, вода и воздух) (0,16 микрозиверта/час), а также наземные излучения [13].

Биологические объекты испытывают влияние α , β и γ радиоактивности, образующейся вследствие произвольного распада естественных

(урана (U), тория (Th), радия (Ra), радона (Rn) и др.) и искусственных (цезия (Cs), стронция (Sr), америция (Am), плутония (Pu) и др.) радионуклидов [2].

Процесс, в результате которого происходит действие радиации на человека, называется облучение. В его основе лежит передача энергии радиации клеткам. При повышенных дозах облучение способно вызывать нарушения в обмене веществ, в работе иммунной системы, лейкоз и онкологические заболевания, сбои в работе репродуктивной системы (лучевое бесплодие), поражение слизистых оболочек и эпидермиса, лучевую болезнь. Чем выше уровень поглощаемой дозы и величина продолжительности действия ионизирующих лучей на организм в целом, либо на отдельные его органы, тем выше риск развития заболеваний, вплоть до летального исхода. Клетки организма могут проявлять разную сопротивляемость к действию ионизирующего излучения (ИИ) [9].

Установлено, что в средней годовой дозе облучения от природных источников в большинстве государств мира Rn считается главным дозообразующим фактором (свыше 80 %). Многолетние изучения Научного комитета ООН по действию атомной радиации (ООН НКДАР) демонстрируют конкретную взаимосвязь заболеваемости раком легких от увеличения концентраций вдыхаемого Rn, в особенности для работников горнопромышленных компаний. Многолетние изучения обнаружили формирование подобного вида злокачественных новообразований легкого у различных групп населения (абсолютно некурящие, лица женского пола, несовершеннолетние а также др.) во многих странах, где есть районы с повышенным радиационным фоном. Кроме злокачественных новообразований легкого большие сосредоточения радионуклидов в окружающей среде провоцируют такие болезни, как рак носоглотки, рассеянный склероз, саркому кости и др. Радиация является фактором риска в формировании гипоплазии костного мозга. В основе гипоплазии кроветворной ткани лежит необратимое повреждение и гибель стволовых клеток, вплоть до их полного исчезновения, что можно наблюдать

при аплазии. Это может привести к развитию гипо- или апластических анемий и злокачественных новообразований кроветворной ткани (лейкоз/лейкемия и др.). Подтверждена прямая взаимозависимость между нахождением в районах с повышенным радиационным фоном и заболеваемостью лейкемией у детей в различных странах. Увеличенный уровень этой патологии замечен в скандинавии, где фиксируются повышенные дозовые нагрузки и фоновые концентрации некоторых радионуклидов в атмосфере и гидросфере. С увеличенными эманациями Rn, например, связана повышенная смертность от лейкемии в нескольких регионах Европы [9].

В районах повышенной концентрации пород с высокой концентрацией радиоактивных элементов и их изотопов фиксируют рост заболеваемости и смертности от рака носоглотки. Исследования на территории Китая позволили обнаружить взаимосвязь между показателем смертности от злокачественных новообразований носоглотки и содержанием радионуклидов в почвах [9].

Принято считать, что повреждающее действие ИИ на организм проявляется поэтапно, условно их можно обозначить так:

- 1) Первичное действие ИИ;
- 2) Проявление влияния на клеточном уровне;
- 3) Проявление влияния на уровне всего организма.

Радиоактивные изотопы могут проникать во внутреннюю среду организма через органы дыхательной и пищеварительной системы, повреждения внешнего слоя эпителия.[9]

На клеточном уровне и уровне субклеточных структур действие ИИ может нарушать процессы деления клеток и даже приводить к их гибели [9].

Если происходит проникновение во внутреннюю среду живого организма, ионизирующие частицы приводят к нарушению синтеза белка и изменению структуры цепочек ДНК: белков и нуклеиновых кислот. Это

вызывает задержку деления клеток вплоть до их гибели, что приводит в конечном итоге к нарушению структуры на уровне тканей.

Мутации и канцерогенный эффект ИИ происходит под воздействием больших доз ИИ, клетка может поддерживать основные функции для обеспечения собственной жизнедеятельности, но безвозвратно утрачивает способность к делению. В результате облучения образуются патологические формы клеток [9].

Наибольшей уязвимостью к воздействию ионизирующего излучения характеризуются клетки, деление которых происходит с высокой скоростью – эпителиальные, стволовые и эмбриональные клетки. Это приводит к развитию лейкозов и опухолей различной локализации, генетическим доминантным и рецессивным генным мутациям, хромосомным aberrациям, прочим проявлениям генетических эффектов облучения плода [9].

Стохастический радиобиологический эффект характеризуется беспороговой формой воздействия.

Детерминированный радиобиологический эффект характеризуется пороговым действием, т.е. выше порога величина биологического эффекта прямо зависит от дозы. Они появляются если количество клеток, погибших в следствии облучения доходит до критического значения, и порождает сбой в функционировании пораженных органов [9].

Подразделяются на быстрое проявление последствий: острая, подострая и хроническая лучевая болезнь; локальные лучевые повреждения: лучевые ожоги кожи, лучевая катаракта и стерилизация, и проявление в течении жизни: радиосклеротические процессы, радиоканцерогенез, радиокатарактогенези т.д. [9]

Постоянное облучение меньше действует на живой организм в сопоставлении с единоразовым облучением в этой же дозе, что сопряжено с непрерывно идущими в организме процессами восстановления нарушений.

Внутри организма отдельные его части по-разному справляются с действием ионизирующего излучения, т.е. обладают неодинаковой

восприимчивостью. К примеру, ткани щитовидной железы более устойчивы к радиационному облучению, чем ткани лёгких. Наиболее чувствительны клетки половой системы, т.к. они имеют высокую скорость деления, а при облучении половых желёз и вовсе возможно проявление генетических мутаций у потомства.

По этой причине дозы облучения для разных органов и тканей внутри организма следует учитывать с коэффициентом k_{pp} , который называется коэффициентом радиационного риска.

Для ознакомления приведём значения коэффициента для основных систем организма в таблице 1.1.

Таблица 1.1 — Коэффициенты радиационного риска для различных органов человека при равномерном облучении всего тела [9].

Облучённый организм	k_{pp}
Половые железы	0,2
Красный костный мозг	0,12
Толстый кишечник	0,12
Желудок	0,12
Легкие	0,12
Мочевой пузырь	0,05
Печень	0,05
Пищевод	0,05
Щитовидная железа	0,05
Кожа	0,01
Клетки костных поверхностей	0,01
Головной мозг	0,025
Другие ткани	0,05
Итого: организм в целом	1,00

Таким образом, ионизирующее излучение не представляет опасности для человека, если его величина соответствует естественным значениям. Однако в случаях, когда на организм регулярно оказывают влияние более высокие дозы, возникает риск поражения тканей и органов живого организма.

1.2 Природные и техногенные источники ионизирующей радиации

Как уже отмечалось в разделе 1.1, источники ионизирующего излучения могут иметь как естественную, так и техногенную природу происхождения.

Источником ионизирующего излучения в природных условиях являются поверхность и внутренние части Земли, из-за их насыщенностью богатыми ресурсами радиоактивных элементов. Это стало очевидно со второй половины XX века, когда началась добыча урановых руд для обеспечения нужд энергетической промышленности и для военных целей.

Космическое ионизирующее излучение было обнаружено в 1912 году В. Гессом. Оно является одной из причин возникновения таких явлений, как полярное сияние и вносит основной вклад в структуре естественного радиационного фона [15].

Кроме природных источников ионизирующей радиации, имеются, вдобавок, источники искусственного происхождения. Техногенное ионизирующее излучение появляется вследствие изменений, совершающихся внутри атомных ядер. Данные изменения сопутствуются изменением энергии ядер, а зачастую и количества нуклонов. Этому в особенности подвергаются изотопы элементов, включающие несоответствующее число нейтронов [15].

Основные источники искусственного ионизирующего излучения представлены на рисунке 1.2:

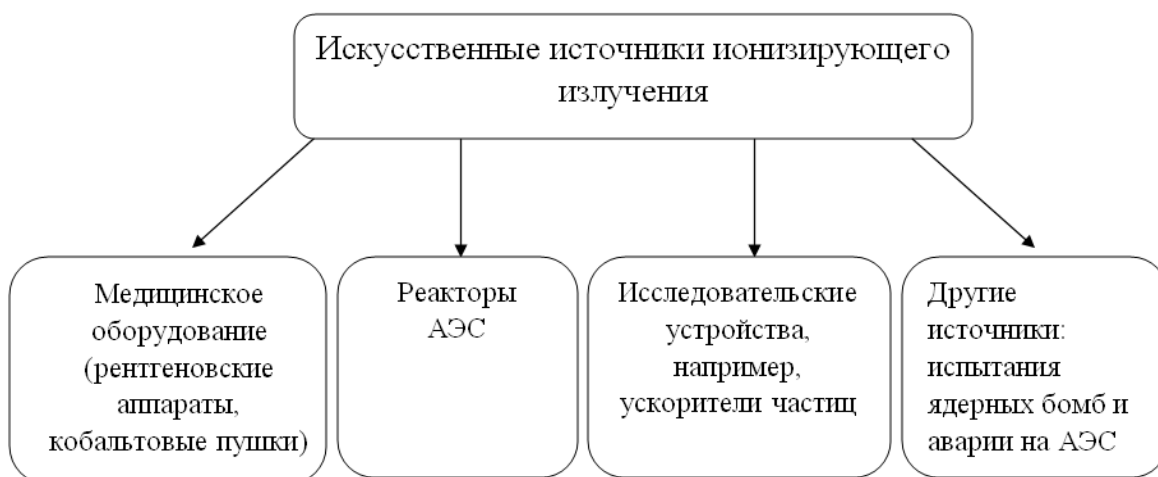


Рисунок 1.2 – Виды искусственных источников ИИ

В нашей стране действуют нормы радиационной безопасности населения. Горные породы, применяемые в строительстве, делятся на 3 группы по уровню радиационного фона [15]:

1) класс А: горные породы, применяемые в строительстве бъектов жилфонда, а также объектов социальной инфраструктуры, общественных зданий;

2) класс В: породы, которые могут быть применены для строительства дорог в рамках населенных пунктов;

3) класс С: породы, использование которых допустимо только при прокладке дорог, проходящих в отдалении от населенных пунктов, находят применение в крайне редких случаях.

Степень радиоактивности горной породы устанавливают на стадии подсчета запасов месторождения. Полученные данные заносят в паспорт месторождения. Фирмы, специализирующиеся на добыче натурального камня в течение длительного периода, как правило, с легкостью дают клиенту подобные данные.

Главную долю облучения в общей доле гамма-облучения живые организмы, как и на протяжении всей истории развития жизни на Земле, всё еще принимают от природных источников радиации, так как естественные радионуклиды всераспространены – в земной коре, стройматериалах,

атмосферной среде, продуктах питания и питьевых источниках, а кроме того существенную долю приносят космические лучи. Итого, до восьмидесяти процентов годовой эффективной дозы, получаемой человеком определяют именно естественные, а не техногенные источники; значения естественного излучения варьируются в довольно широких пределах, в обычном случае составляя примерно 2,4 мЗв в год.

Основные радиоактивные изотопы, распространённые в природе, представлены на рисунке 1.3.



Рисунок 1.3 – Радиоактивные элементы в природе

Некоторые виды человеческой деятельности сопряжены с особенно выраженным радиационным риском, их характеристики представлены на рисунке 1.4. [2]



Рисунок 1.4 – Виды деятельности, повышающие радиационные риски от естественных источников

Другая значительная группа источников радиации имеет искусственное происхождение. Их вклад растёт с развитием технологий, в особенности – ядерной промышленности сопряженные с растущим применением ядерных технологий в медицине, промышленности и энергетике. Техногенные источники радиации также широко используются в производственно-технической сфере и бывают разных видов, их классификация представлена на рисунке 1.5. [2]



Рисунок 1.5 – Искусственные источники ИИ

По расположению относительно облучаемого предмета источники ИИ могут быть внешними или внутренними (рис. 1.6). [2]



Рисунок 1.6 – Виды источников ИИ

Засорение элементов окружающей среды радионуклидами искусственной природы сопряжено с деятельностью предприятий ядерной промышленности, а кроме того, с тестированиями ядерного оружия, а также иных объектов, использующих источники ИИ. Ключевую важность представляют предметы и предприятия ядерной отрасли, составляющие базу для ядерной энергетики [2].

Таким образом, полностью исключить влияние ионизирующего излучения на организм человека невозможно ввиду того, что источники ИИ распространены повсеместно. Тем не менее, если радиационный фон не превышает допустимых значений, это никак не повлияет на жизнедеятельность организма.

1.3 Гранитные породы и их радиозэкологическая опасность

Для любых горных пород характерно содержание радиоактивных элементов в той или иной степени. Информацию об этом можно найти в справочниках геофизика и др. литературных источниках. Граниты, являясь магматическими породами с высокими параметрами щелочности и кислотности, характеризуются высокими параметрами радиоактивности (по сравнению с осадочными породами, основными и ультраосновными породами). В свою очередь, среди гранитов наибольшей радиоактивностью выделяются лейкократовые и аляскитовые граниты [19].

Наблюдается прямая зависимость между радиоактивностью и калиеносностью пород. Также установлено, что кислые и щелочные породы магматического происхождения (граниты, липариты, сиениты) характеризуются повышенными параметрами радиоактивности [19].

Гранитные породы, используемые при производстве строительных материалов, также содержат естественные радиоактивные элементы (радионуклиды), которые, в свою очередь, являются источником ИИ, который воздействует на живые организмы [19].

Из гранитов, используемых в качестве строительных материалов, выделяется радон, который является продуктом распада радия. Данный процесс сопровождается выделением твёрдых продуктов распада (полоний, висмут, свинец), которые (в форме аэрозолей) вместе с радоном проникают в организм через лёгкие [19].

Сравнительные уровни облучения населения за счёт облучения строительными материалами приведено в таблице 1.2.

Таблица 1.2 — Сравнительные уровни облучения населения за счёт строительных материалов [6]

Строительный материал	Уровень облучения, мкЗв/год
Дерево	0
Известняк, песчаник	0-100
Кирпич, бетон	100-200
Природный камень, производственный гипс	200-400
Шлаковый камень, гранит	400-2000

Как следует из таблицы 1.2, гранитные породы являются источниками более сильного облучения, чем иные природные материалы. Граниты отличаются повышенным содержанием урана и радия, что соответственно влияет на концентрации радона в жилых помещениях [19].

Например, в США (Пенсильвания) в районах, где расположены месторождения гранита, превышение по дочерним изотопам радона выявлялось в 800 из 2000 обследованных домов. В свою очередь, повышенное содержание радона в жилых помещениях увеличивает риск развития рака лёгких на 4-12% [19].

Допустимое содержание природных радионуклидов в минеральном сырье и материалах, а также продукции с их использованием (изделия из керамики и керамогранита, природного и искусственного камня и т.п.) в

России регламентируется документом «Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009», где, кроме того, изложены требования по обеспечению радиационной безопасности при обращении с минеральным сырьём и строительными материалами [6].

В отдельную группу, поскольку она не относится к традиционным строительным материалам, относятся материалы с повышенным содержанием природных радионуклидов (АЭФФ более 740 Бк/кг), что относится также и к гранитам [6].

Таким образом, гранитные породы могут представлять радиоэкологическую опасность для населения и требуют особого контроля.

1.4 Использование гранитных пород в строительных и отделочных материалах

Гранит обширно используется в современной строительной индустрии. Его физические свойства, состав, структура создают высокий спрос на материал в производстве. Гранит представляет собой природный камень, по этой причине его считают экологичным материалом. У него присутствует радиоактивность, однако с целью использования в повседневной жизни выбираются минералы вместе с малой излучаемостью [6].

Уникальные природно-физические качества камня делают его необходимым в многочисленных сферах человеческой деятельности. Главное превосходство минерала – прочность и долговечность. Он противостоит химическим, равно как и физическим влияниям столетиями. На гранит никак не оказывают действие бактерии, в особенности плесень или грибок. Это объясняет его долгий период службы [6].

Камень известен обширной цветовой палитрой, которую ему дают компоненты структуры – химические элементы, входящие в состав. Он многообразный по фактуре, согласованно смотрится вместе с иными использованными материалами – деревом, кирпичом либо мрамором.

Массивы гранита применяются с целью строительства значимых строений [19].

На то, какой будет радиационная обстановка внутри помещения, имеют влияние разные факторы, такие как тип стройматериалов, высота относительно уровня земли, особенности устройства вентиляционной системы, радиационной ситуации в районе расположения объекта в целом. [6].

Особенно важно производить мероприятия по радиационному мониторингу при строительстве или перестройке зданий, т.к., в этих случаях требуется гораздо большее количество стройматериалов, чем, например, при ремонте и реставрации зданий. Особое внимание к радиационной безопасности при строительстве в России стали уделять с 1996 года. Обоснованием повышенного внимания является тот факт, что при строительстве используется не только сырьё из природных материалов, но иногда также вторсырьё, при этом образуются промышленные отходы. Учитывая фактор конкуренции между строительными компаниями, обусловленный необходимостью выиграть тендер на проект, экологическая безопасность зачастую отходила на второй план, уступая экономической эффективности и эксплуатационным свойствам материала. Вследствие этого до введения в РФ норм радиационной безопасности могли применяться материалы, обладающие токсичностью или радиоактивностью, что сегодня может сказываться на состоянии здоровья жильцов [19].

Справедливости ради, отметим, что обозначенная выше проблема характерна не только для России, но также для ряда стран мира. На международном уровне по инициативе Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) был введён термин Sick building syndrome, - синдром больных зданий (СБЗ), - для описания состояния, когда люди, находящиеся в здании регулярно и длительное время (соседи по дому, коллеги), начинают чувствовать ухудшение общего состояния без какой-либо явной причины. При этом ухудшение состояния происходит прямо пропорционально

увеличению времени, проведённого в помещении [6]. Возникновение указанного симптома главным образом связывают как раз с использованием токсичных и радиоактивных стройматериалов.

При этом усугублять ситуацию могут последствия неправильной эксплуатации сооружений, возникновение аварий, пожаров. Например, в процессе горения происходит выделение во внешнюю среду опасных для здоровья компонентов, что может нанести существенный ущерб или даже привести к гибели [6].

Радиоактивностью обладают многочисленные горные породы, радиоактивные компоненты коих вошли в структуру земной коры с момента её возникновения. Основные радиоактивные изотопы, встречающиеся в горных породах, это калий-40, рубидий-87 и члены 2-х радиоактивных семейств, берущих основание соответственно от урана-238 и тория-232 (долгоживущих изотопов) [6].

Радиоактивность материалов, используемых для нужд строительства, связана с происхождением сырья для их изготовления, а также физических свойств. На указанный показатель влияет также глубина, с которой изымают горные породы. Для горных пород вулканического генезиса, к коим, в частности, относят и гранитные породы, она намного более существенная, чем, например, в случаях применения осадочных пород, таких как мрамор или известняки. Радиоактивностью могут обладать также песок, гравий и щебень, которые широко используются как при строительстве зданий, так и при сооружении дорог. [6].

По сути, в каждом населённом пункте есть объекты, представляющие более серьёзную радиационную опасность, но особенно следует отметить населённые пункты, где в прошлом веке проводилась массовая застройка, а также районам, где большое количество старых домов (более века) [6]. Повышенное внимание нужно уделить тем сооружениям, которые имеют элементы из гранита, глины, пемзы.

Таким образом, использование гранитных пород в строительных и отделочных материалах допускается и имеет ряд важных достоинств – прочность, долговечность, эстетичность, экологичность. Тем не менее, использование гранитов может сопряжено с незначительным повышением ионизирующего излучения.

2. Геологическое строение территории Ленинградской области и природные источники ионизирующего излучения. Обоснование выбора станций наблюдений.

2.1 Радиоактивные горные породы и их распределение

В гранитах уран и торий попадают [19]:

- в виде микровключений собственных минералов, находящихся в породе в рассеянном виде, либо в породообразующих минералах (биотите);
- в главных минералах в рассеянном в дефектах структуры либо адсорбированном поверхностями кристаллов или трещинами состояния;
- в трещинах горной породы, адсорбированные продуктами выветривания – глиной, окислами железа, гелем кремнезема либо титана;
- в растворенном варианте (уран) в жидкостях (во включениях либо в поверхностных пленках).

В свежих породах включения акцессорных минералов концентрируют от 60 до 90 % урана и тория. В выветрелых породах данное соответствие значительно уменьшается, часть урана выносится находящимися под землей водами. Главными акцессорными урановыми минералами являются уранинит и брэггерит. Вторичные минералы, возникающие при выветривании гранитов – это урановая смолка и отунит [19].

В акцессорных силикатах (цирконе, сфене и ортите), а также фосфатах (ксенотиме, апатите и монаците) уран и торий заменяют цирконий, кальций либо лантаноиды. В пегматитах выражаются – большие кристаллы уранинита и минералов лантаноидов, зачастую торий, а также ураносодержащие. Граниты заключают в себе наиболее высокие средние содержания урана и тория, нежели прочие породы, а также, в соответствии с этим, большие запасы данных металлов. Существенные сосредоточения урана отмечаются в многочисленных осадочных породах, однако объемы данных пород существенно меньше размеров гранитов [12].

Для Ленинградской области характерно наличие естественных источников радиации разных типов, что отражено на карте ниже (рис. 2.1).

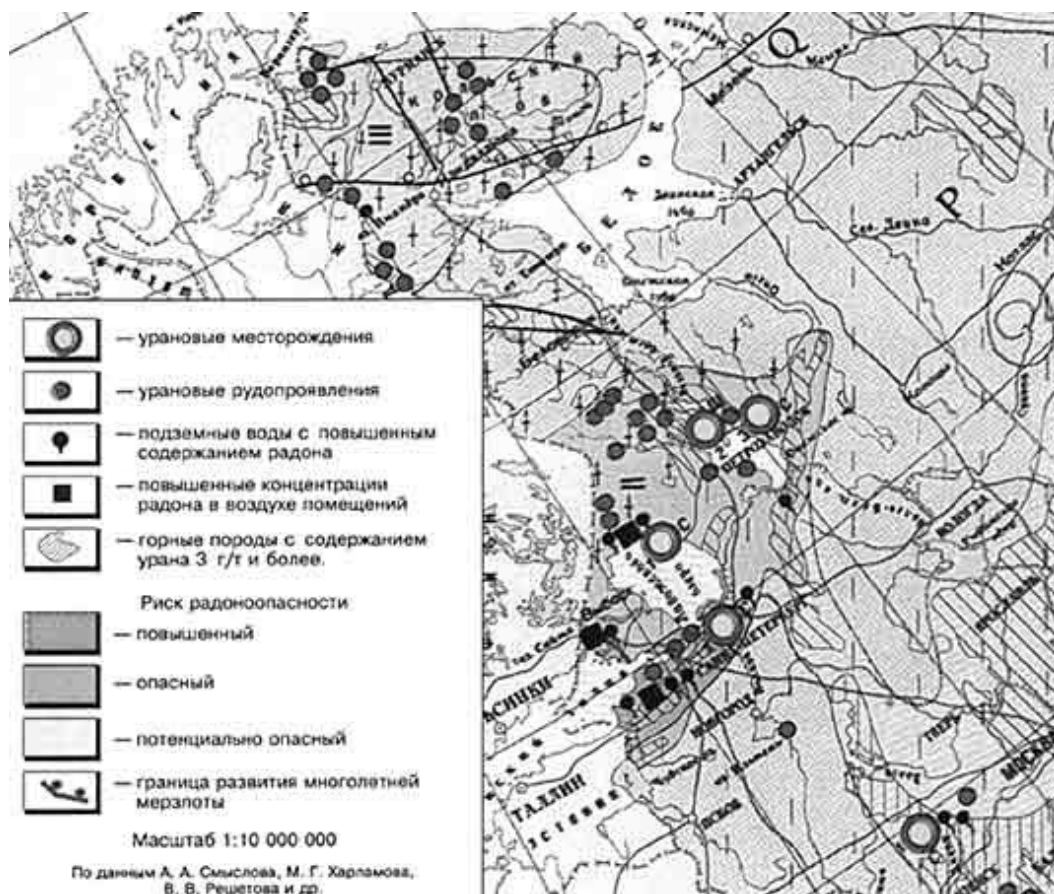


Рисунок 2.1 – Распределение источников природной радиации в Ленинградской области [12]

Из рисунка 2.1 следует, что на территории Ленинградской области присутствуют горные породы со значительным содержанием урана. Кроме того, риск радоноопасности на территории области оценивается как повышенный или опасный. Это может быть связано с широким распространением гранитных пород для строительства.

2.2 Геологические особенности г. Выборг и его окрестностей

Выборг является городом Ленинградской области, административным центром муниципального района. Данный район имеет интересную геологическую историю, в ходе которой сформировались некоторые геологические особенности, речь о которых пойдет в настоящем разделе.

Выборг - город, в большой степени удовлетворяющий нашим взглядам на архитектуру Западной Европы. Прибыв туда, нужно сосредоточить внимание на гранитной брусчатке улиц, большие дома в стиле модерна и конструктивизма тридцатых годов. Кроме того возможно получить подробное представление о геологическом строении Балтийского щита, исследовать разнообразные по составу кристаллические породы фундамента Восточно-Европейской платформы, а кроме того детальнее ознакомиться с Выборгским массивом в его коренном залегании, а также в декоре строительных построек [17].

В границах города Выборг возможно наблюдать следы послевалдайских морей. В районе станции Ланская с правой стороны подступает двухметровая волноприбойная терраса Литоринового моря, а по левую сторону видна «размытая» техногенезом Древнебалтийская терраса. Уже после, по мере приближения к Выборгу, можем заметить царство водноледниковых образований: шувалово-парголовский оз вместе с Поклонной горой, с ваннами ледникового выпаживания, ставшими котловинами для озёр [17].

Озово-камовые образования растянуты на значительное расстояние. Холмы Токсово и Кавголово представляют из себя следы ледника, отступление которого к северу на данной территории происходило примерно одиннадцать тыс. лет назад. По мере приближения к Выборгу увеличивается число а также масштабы глыб и валунов, в большей степени гранитного состава. В конечном итоге из числа каменных развалов возникают «коренные» выходы фундамента Русской плиты. Данные выходы представляют собой красно-розовые граниты рапакиви (рис. 2.2), которые в 18 – 19 столетиях добывались в Финляндии с целью постройки зданий и построек, ставших в дальнейшем отличительной чертой в застройке Санкт – Петербурга [17].



Рисунок 2.2 – Гранит рапакиви

Собственно наименование «рапакиви» данный гранит приобрел из-за быстротечного выветривания. Невыветрелый камень довольно прочный и крепок. На поверхности, а также в глубине вплоть до метра (иногда даже более) гранит рапакиви как правило трещиноват, отчасти замещен минералами глинистой структуры, с легкостью сыпется на единичные доли. Граниты характеризуются специфическими структурно-текстурными отличительными чертами, присутствующими в разной форме – овоидами, состоящими из нескольких концентрических оболочек, с присутствием слоев каркасных алюмосиликатов. Есть ещё одно важное отличие от других типов гранитов – повышенные содержания калия, фтора, рубидия, тория, урана и редкоземельных компонентов (исключая европий) [17].

К геологическим отличительным чертам данных гранитов необходимо причислить отнесенность их формирования к ограниченному возрастному диапазону (в большей степени около полутора миллиардов лет), примерно в тот же временной промежуток в сходных условиях происходило

формирование многих пород основного и среднего состава, из-за этого рапакиви имеют многофазный характер интрузивов. Граниты рапакиви распространены как на Северо-западе и Севере Европейского континента, но и в Украине, Восточной Сибири, а также за пределами Евразии – в Гренландии, Северной Америке и Бразилии. Особенностью плутона, находящегося в Выборгском районе, считается наиболее внушительные масштабы обнажений (плутон в районе Выборга имеет протяженность 180 на 110 километров при общей площади приблизительно 18000 км², причём его размеры продолжают увеличиваться.), а также может быть рассмотрен в качестве эталона, так как в нем более явно выражены геологические, петрографические, а также минералогические характерные черты, свойственные для данного вида гранитоидов [17].

Структура массива рапакиви. В массиве гранита рапакиви весьма хорошо проявлены первичные трещины отдельности. Прослеживаются 3 обоюдно перпендикулярных системы: трещины северо-западного простирания с отвесными углами падения, близкими к 90, совпадающие с направлением линейности (продольные трещины); трещины северо-восточного простирания также с отвесными углами падения, перпендикулярные к линейности (поперечные трещины); трещины пологие либо пластовые, близкие к горизонтальным, образующие прямые углы с продольными и поперечными трещинами. Поперечные, а также продольные первичные трещины отдельности, весьма выдержаны по всей площади массива, компоненты их залегания практически никак не изменяются при переходе из одной разновидности рапакиви в иную. Первичные трещины в выборгите сделаны множественными дайками и жилами наиболее молодых пород серии рапакиви, при этом порфировидный рапакиви вместе с мелкозернистой основной массой применял в большей степени пластовые трещины, а трахитоидный – продольные. Наблюдаемые системы трещин предполагают собою первичные трещины отдельности, образовавшиеся вследствие сил растяжения и сжатия при образовании массива, вследствие

поступательного движения магмы. С Выборгским плутоном сопоставляют эффузивы основного состава (плагноклазовые порфиры) в нижних и кислого (кварцевые порфиры) – в верхних частях покрова. Все без исключения магмовые породы обладают идентичным радиологическим возрастом, определенный калий-аргоновым, урансвинцовым и рубидий-стронциевым методами [6, 17].

Геохимия гранитов рапакиви. В результате исследования химического состава минералов гранитов рапакиви, осуществленного с использованием микрорентгеноспектрального анализа, определено, что овоиды обладают зональным строением. Зональность проявляется в сокращении содержания натрия, бария и стронция и увеличении содержания калия и рубидия от центральных к периферийным участкам овоидов [17].

В гранитоидах ряда рапакиви от ранних фаз к поздним увеличивается содержание оксида кремния, а содержания оксидов алюминия, железа 2, железа 3, марганца, магния, кальция, а также титана снижается. Содержания оксида калия увеличивается до 3 фазы, а потом опускается. В целом рапакиви различается от среднего гранита и гранитоидов иных формаций высоким содержанием общего железа, калия и фтора, пониженным – оксидов алюминия, кальция, магния и натрия [19].

Радиоактивность гранита. Гранит считается наиболее радиоактивным, по сравнению с прочими породами. Его радиоактивность сопряжена с содержанием урана и тория, в менее существенной мере - калия и рубидия. В гранитах содержание урана сильно варьируется, от значений меньше 1 г/т вплоть до 10 г/т или же более (Двадцать пять г/т), при обычном содержании 4 г/т. При выветривании гранитов содержание урана может быть существенно сокращено, так как элемент легко переходит с 4-х валентного в 6-ти валентное состояние, а также растворяется в метеорных водах. Для тория среднее содержание в гранитах является равным приблизительно 12 г/т и при выветривании пород почти никак не изменяется [17].

Граниты заключают в себе наиболее существенные средние содержания урана и тория, нежели прочие породы, в соответствии с этим немалые запасы данных металлов. Существенные сосредоточения урана наблюдаются во множестве осадочных пород, однако объемы этих пород существенно меньше объемов гранитов. В земной коре произошло дифференцирование, что привело к притоку радиоактивного вещества в верхние части. О данном процессе говорит развитие больших гранитных тел в течение геологической истории. Отчасти граниты появлялись вследствие видоизменения осадочного материала, а также из-за более древних гранитных массивов. Исследуя наиболее древние граниты, из числа которых огромное значение имеют граниты рапакиви, можно разобраться, что представляет из себя приток радиоактивного вещества, каковы причины гранитизации и какова собственно роль радиоактивности в процессе гранитизации. В результате выветривания гранитов рапакиви на протяжении фанерозоя на северо-западной окраине Восточно-Европейской платформы формировались осадочные породы. Высокая радиоактивность регистрируется для толщ нижнеордовикских диктионемовых сланцев, а также нижнекаменноугольных бокситоносных песчаников и глинистых бокситов. Радиоактивность сланцев обуславливается высокими содержаниями урана (от 0,0004-0,0008 до 0,0012-0,0016 %, в определенных случаях вплоть до 0,03 %). Диктионемовые сланцы формировались в условиях глубоководного открытого морского дна из ила, обогащенного органическим веществом. Органическое вещество сорбировало уран, который содержался в воде, обогащенной растворимыми формами урана за счет размыва гранитов. В процессе диагенеза илистых осадков образовывались собственные урановые микроминералы, доля урана сохранялась в сорбированном состоянии на органическом веществе, глинистых минералах, фосфатах, а также пирите. Торий скапливается в остаточных корах выветривания, в форме собственных минералов, прочных и

устойчивых к разламыванию, содержание его в бокситах составляет 0,0025% [17].

Таким образом, в г. Выборг и его окрестностях можно наблюдать следы ледника, такие как следы послевалдайских морей, террасы, озово-камовые образования. Обнажена значительная по площади часть балтийского щита. Исходя из этого, граниты встречаются в большом количестве как за городом в виде каменных глыб, валунов, камней, так и в городе в виде брусчатки, строительных и отделочных материалов. Всё это в совокупности может привести к повышению естественного радиационного фона.

3. Натурные измерения гамма-излучения на территории г.Выборг и ландшафтного парка Монрепо.

3.1 Обоснование выбора станций наблюдений

Ленинградская область, расположенная вокруг города Санкт-Петербург, который является мегаполисом, имеет ряд существенных экологических проблем, к которым относится также и высокое число естественных источников радиации.

Город Выборг, выбранный для проведения исследования, находится в области контакта Русской платформы и Балтийского щита, кристаллические породы которых включают радиоактивные компоненты. Непосредственно из этих разломов в объемах, превышающих все допустимые нормы, выходят на поверхность радон и продукты его разрушения. Кроме того, в Ленинградской области зарождалась российская радиохимия, проводились работы и исследования с радиоактивными элементами. Причём нормативно-правовая база в этой области начала формироваться только начиная с 1960-ого года. Архитектурные решения исторических частей города зачастую предполагали использование гранита как основного облицовочного материала, а граниты, как известно, могут обладать некоей естественной радиоактивностью [17].

Граниты использовались для постройки замков и военных укреплений, сооружения опор для мостов, облицовки зданий, укладки мостовых и набережных [17].

Газ радон всегда присутствует в закрытых помещениях, причем гранит будет являться дополнительным источником этого газа, что особенно заметно для первых этажей. Однако климатические условия Санкт-Петербурга и Ленинградской области способствуют тому, чтоб замедлить выход радона на поверхность. Высокое среднегодовое количество осадков мешают выходу радона за счёт заполнения трещин водой. Однако имеются и радиоактивноопасные области, в которых радон выделяется в таких масштабах, что в том числе и атмосферные осадки слабо решают проблему (рис. 3.1). [1].

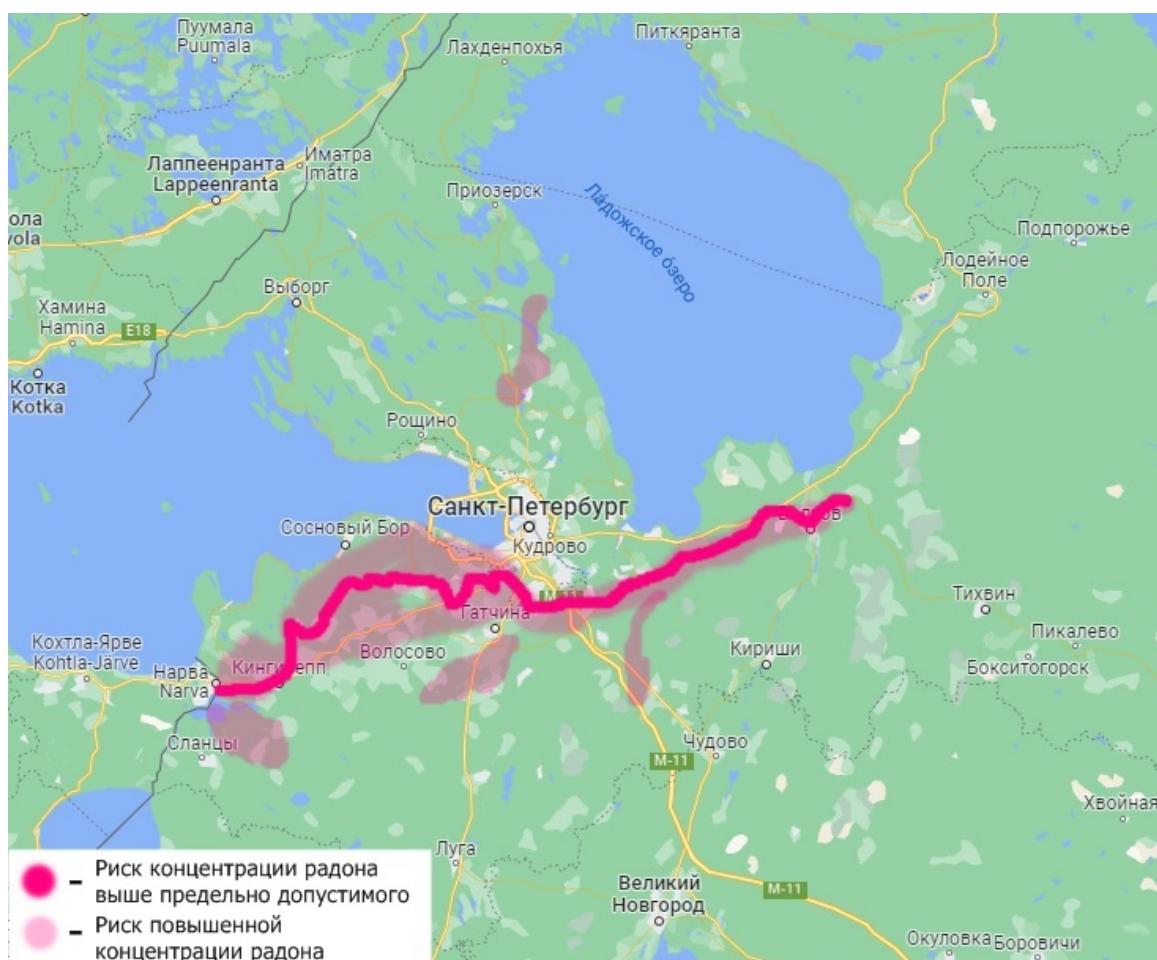


Рисунок 3.1 – Уровень объемной активности радона в Санкт-Петербурге и Ленинградской области [8]

На территории города было выбрано 22 станции наблюдений за уровнем гамма-излучения, для обоснования выбора станций они были сгруппированы по объединяющему признаку:

1) Станции, расположенные в районе массовой жилой застройки. Обоснованием для выбора этой группы станций является необходимость с оценки безопасности местного населения, постоянно проживающего в городе. Сюда же относятся станции, расположенные на территории детских площадок, т.к. детский организм особенно уязвим к действию ИИ. Станции №2, 10, 11, 12, 19.

Стена дома в точке 12 отделана гранитом, что может неблагоприятно влиять на радиационный фон (рис. 3.2)



Рисунок 3.2 – Показания дозиметра-радиометра в положении «у стены» (слева) и на расстоянии 1,5 м от стены из гранита, Станция №12

Для станции № 10 по ул. Водной заставы, д.5., наглядно видно скальное гранитное обнажение, на котором стоит дом (рис. 3.3).



Рисунок 3.2 – Скальное обнажение, Станция №10

2) Станции, расположенные вдоль автодорог и ж/д путей. Ежедневно на эти транспортные пути ложится значительная нагрузка, особенно в часы пик, люди вынуждены проводить вблизи них значительное количество времени. К данной группе относятся станции № 13, 20, 21, 22.



Рисунок 3.4 –Станция наблюдений №22

3) Следующая группа станций включает точки, расположенные вдоль берега Выборгского залива: на гранитной набережной – станции № 1, 3, 14; на территории песчаного пляжа Смоляной Мыс – станция №16

Вблизи набережной расположены зоны отдыха, жилые дома, а также объекты инфраструктуры и сферы услуг. Например, для станции №1 выбрана точка напротив гостиницы «Дружба» (рис. 3.5).



Рисунок 3.4 – Студентка РГГМУ Толстова Ю.О., автор настоящей работы, проводит измерения на станции №1 из положения «на высоте 1,5м»

4) Туристические и рекреационные объекты, которые притягивают большое количество туристов из-за своей социально-культурной и/или эстетической ценности: станции №4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 15, 17, 18.

Так, территория Выборгского замка (рис. 3.6) сегодня является музейным комплексом, популярность которого обусловлена хорошей транспортной доступностью и небольшой удалённостью от г. Санкт-Петербург. Можно предположить, что данный объект представляет

радиологическую опасность, т.к. был построен ещё в 1293 году, когда, разумеется, не было никакого радиологического контроля.



Рисунок 3.6 –Станции наблюдений №7 (слева) и №8 (справа) – Выборгский замок

Рыночная площадь, на которой расположена станция №6 (рис. 3.7), является не только популярным местом для гостей города – по ней перемещается большое количество местных жителей, т.к. площадь расположена в центральной части города, с неё начинается главная улица – проспект Ленина. На площади организуют массовые мероприятия. Площадь вымощена гранитной брусчаткой, здесь же расположена башня из того же материала.



Рисунок 3.7 – Показания дозиметра-радиометра в положении «у поверхности земли» (слева) и на расстоянии 1,5 м от гранитной брусчатки, Станция №6

Более современным объектом в данной группе является гранитный парапет клумбы у ресторана Эспиля в парке им. Ленина (рис. 3.8). Гранит, вероятно, был выбран в качестве материала для органичности и стилизации «под старину».



Рисунок 3.8 –Станция наблюдений №4

Таким образом, в г. Выборг обнаружено значительное число объектов, которые потенциально могут являться природными источниками ИИ и влиять на естественный радиационный фон.

Монрепо – природный парк, он находится на островке Твердыш, территориально входит в состав г. Выборг (рис. 3.9). Его ключевая особенность – ненарушенные уникальные ледниковые ландшафты. Эстетическую ценность представляют открывающиеся со смотровых площадок виды. На сегодняшний день Монрапо - единственный в России

скальный парка. На сегодняшний день парк имеет статус музея-заповедника государственного значения, число его посетителей растёт ежегодно, что обусловлено выгодным расположением - 140 км от г. Санкт-Петербург [11].

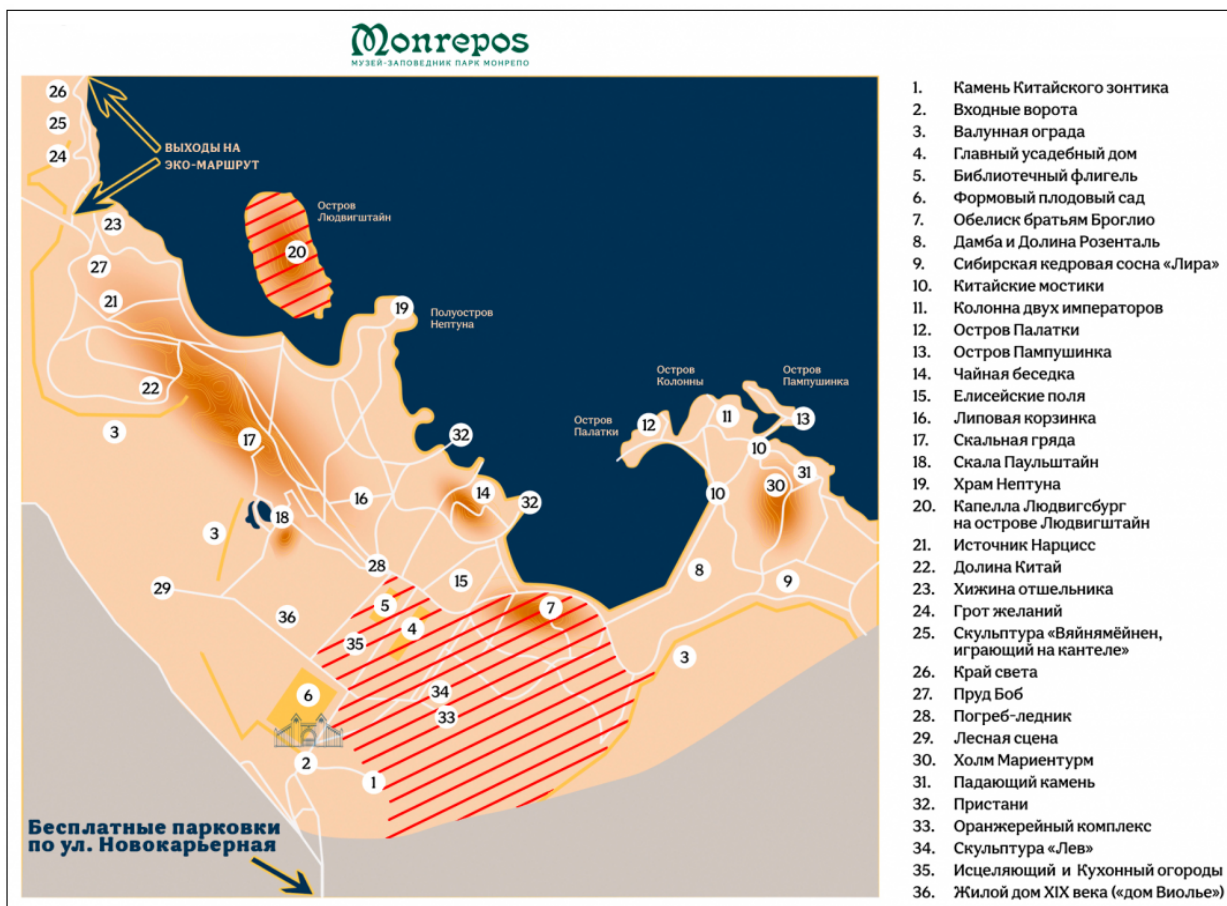


Рисунок 3.9 – Схема государственного историко-архитектурного и природного музея-заповедника «Парк Монрепо» с обозначением достопримечательностей [11]

На территории парка Монрепо для размещения станций было выбрано 15 точек. Их также можно разбить на несколько групп по общим признакам.

1) Объекты, сооружённые человеком из гранита или с использованием гранита: элементы отделки памятники и т.п. К данной группе относятся станции №1, 3, 6, 8, 10, 13, 15.

Особой популярностью пользуется, например скульптура Вяйнемейнена (рис. 3.10), станция №8. Гранит здесь используется не как

основной материал, но в качестве постамента, создавая целостную композицию.



Рисунок 3.10 –Станция наблюдений №8 в парке Монрепо

2) Группа, объединяющая точки, где измерения проводились на почвенном слое. К данной группе относятся станции № 7, 12 и 13 – родник, долина Розенталь и основание Китайских мостиков.

3) Данная группа включает станции, в пределах которых находятся природные объекты из гранита, которые не подвергались антропогенному воздействию – валуны, скальные выступы и т.п. К ней относятся станции №2, 4, 9, 14.

Например, на подходе к храму Нептуна (станция №4) был замечен отдельный крупный камень, который может быть потенциальным источником ИИ (рис. 3.11).



Рисунок 3.11 –Станция наблюдений №4 в парке Монрепо

В парке Монрепо, таким образом, обнаружено большое количество форм рельефа, состоящих из гранита, которые могут представлять радиологическую опасность, что также даёт основания для проведения исследований на указанной территории.

Для измерений было выбрано 37 станций наблюдений, из которых 22 на территории г. Выборг Ленинградской области, 15 – на территории парка Монрепо. Обоснованием для выбора точек в г. Выборг являются его архитектурные особенности – гранит широко использован в качестве строительного, отделочного материала. Кроме того, на территории города можно встретить природные объекты из гранита (валуны, обнажения породы

и т.п.). Обоснованием для выбора точек в парке Монрепо являются его геологические особенности – на дневную поверхность выходят легко разрушающиеся граниты времён протерозоя.

3.2 Характеристика дозиметра Соекс-Кантум.

Установить среднюю величину получаемых населением доз ИИ для какого-либо населенного пункта, можно основываясь на данных измерения мощностей доз гамма-излучения в различных локациях данного населенного пункта и его окрестностей [10].

Определение мощности дозы наружного гамма-излучения в случаях, когда уровень близок к фону (зачастую именно такие измерения проводятся на практике при проведении радиационного контроля), потребует учета ряда характеристик измерительного устройства, которые не всегда отражаются в технической документации на оборудование, равным образом как и в методиках выполнения замеров, т.е. никак не обеспечены метрологически. Этим никак нельзя пренебрегать, поскольку игнорирование указанного факта может являться причиной значительного искажения результатов замеров.

Так, любой дозиметр имеет собственный фон, т.е. начальные показания прибора не будут абсолютным нулём. Для определения собственного фона должна быть предусмотрена калибровка. Кроме того, для каждого устройства отличается величина «отклика» на космические лучи. В сумме эти факторы могут приводить к возникновению погрешности, величину которой может быть трудно определить [10].

Таким образом, при проведении любых дозиметрических исследований необходимо использовать профессиональные приборы, кроме того внимательно изучать их технические характеристики до начала работы. Зачастую пользователю нужно осуществлять калибровку прибора для получения более точных данных, на основании которых можно будет сделать вывод о радиоэкологическом состоянии территории [10].

Для проведения настоящего исследования был выбран дозиметр SoeksQuantum (СОЭКС «Квантум») (рис. 3.12) [15]



Рисунок 3.12 –Дозиметр SoeksQuantum, внешний вид [15]

Прибор SoeksQuantum применяется для измерения накопленной дозы радиации, а также при проведении исследований по оценке уровня радиоактивного фона и выявления источников повышенного радиоактивного излучения – бытовых предметов, природных объектов, продуктов питания и т.п. [15].

Основные технические характеристики прибора представлены в таблице 3.1 [15].

Таблица 3.1 — Технические характеристики прибора SoeksQuantum

Название характеристики	Значение
Диапазон показаний уровня радиоактивного фона, мкЗв/ч	До 1000
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
Габариты: высота/ширина/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/USB, не более мА	500
Напряжение на выходе зарядного устр-ва, В	от 4,5 до 5,5
Дисплей	Цветной TFT, 128x160
Диапазон рабочих температур, °С	от -20 до +60
Единицы измерения	мкЗв/ч

Примечания:

* Достоверность показаний увеличивается с увеличением числа осуществлённых измерений

** Время непрерывной работы прибора представлено для заводских настроек изделия и двух элементов питания с установленной ёмкостью 1000мАч.

В основе принципа работы дозиметра-радиометра задействованы два счетчика Гейгера-Мюллера СБМ-20-1. Газоразрядный счетчик Гейгера-Мюллера предполагает собою резервуар в виде стеклянной либо металлической колбы либо трубки, внутреннее пространство каковой заполняется инертным газом, что не позволяет проводить электрический ток. В некоторых случаях к инертному газу дополняют отдельные галогены либо спирты. Изнутри трубки либо колбы помещают анод (утонченная проволока), а соосно с ним катод (металлический цилиндр). К аноду подключают «+» постоянного напряжения, к катоду «-». Чем меньше величина анода в устройстве, тем больше восприимчивость счётчика, что обуславливается повышением напряженности электрического поля [2].

SoeksQuantum оснащён индикатором точности измерения, который заполняется зеленым цветом с течением времени и увеличением точности. Временной шаг, с которым индикатор повышает значение точности,

составляет 10 секунд. Для заполнения индикатора прибор производит 12 измерений, что обычно занимает от 2-х минут. (12 измерений).

Если в процессе работы с прибором обнаруживаются резкие перепады фона (повышение значений в 3 раза и более, либо понижение в 10 раз и более), индикатор точности обнуляется. Это обнуление позволяет быстро среагировать на значимые изменения фона, т.к. для отображения достоверных показаний потребуется не более 10-20 секунд.

Для формирования прибором информационного сообщения с информацией касательно радиационного фона, в программу заложены нормативы, основанные на нормах радиационной безопасности НРБ – 99/2009. Информационные сообщения выводятся на экран в формате текста и соответствуют определённым числовым значениям [15]:

- «РАДИАЦИОННЫЙ ФОН В НОРМЕ», цветовое обозначение – зеленый шрифт. Соответствует значению менее 0,4 мкЗв/ч.
- «РАДИАЦИОННЫЙ ФОН ПОВЫШЕН», цветовое обозначение – желтый шрифт. Соответствует значению 0,4-1,2 мкЗв/ч.,
- «ОПАСНЫЙ РАДИАЦИОННЫЙ ФОН», цветовое обозначение – красный шрифт. Соответствует значению 1,2 мкЗв/ч.

Прибор оснащён следующими индикаторами изменения радиационного фона:

- одна красная стрелка, направленная вверх – индикатор повышения радиационного фона, более чем на 30% отличающегося от среднего значения;
- одна зеленая стрелка, направленная вниз – индикатор понижения радиационного фона, более чем на 30% отличающегося от среднего значения;
- две красные стрелки, направленные вверх – индикатор значительного повышения радиационного фона;

– две стрелки зелёного цвета, направленные вниз, – индикатор значительного снижения радиационного фона.

В целом, выбор прибора SoeksQuantum обусловлен его надёжностью, точностью и портативностью, что особенно важно для проведения натурных исследований. Важным критерием при выборе прибора стало его соответствие отечественным и международным экологическим стандартам.

3.3 Результаты измерений гамма-излучения на территории ландшафтного парка Монрепо

На территории парка Монрепо измерения проводились с использованием прибора Soeks Quantum, по 20 раз для положения «у поверхности» и 20 раз для положения «на высоте 1,5 м».

Всего обследовано 15 станций на территории парка, среди них присутствуют как потенциальные источники естественного ионизирующего излучения, представляющие культурную ценность, так и просто геологические объекты, расположенные в местах скопления людей. Расположение станций показано на карте (рис. 3.13). Усреднённые данные измерений занесены в Таблицу 3.2.

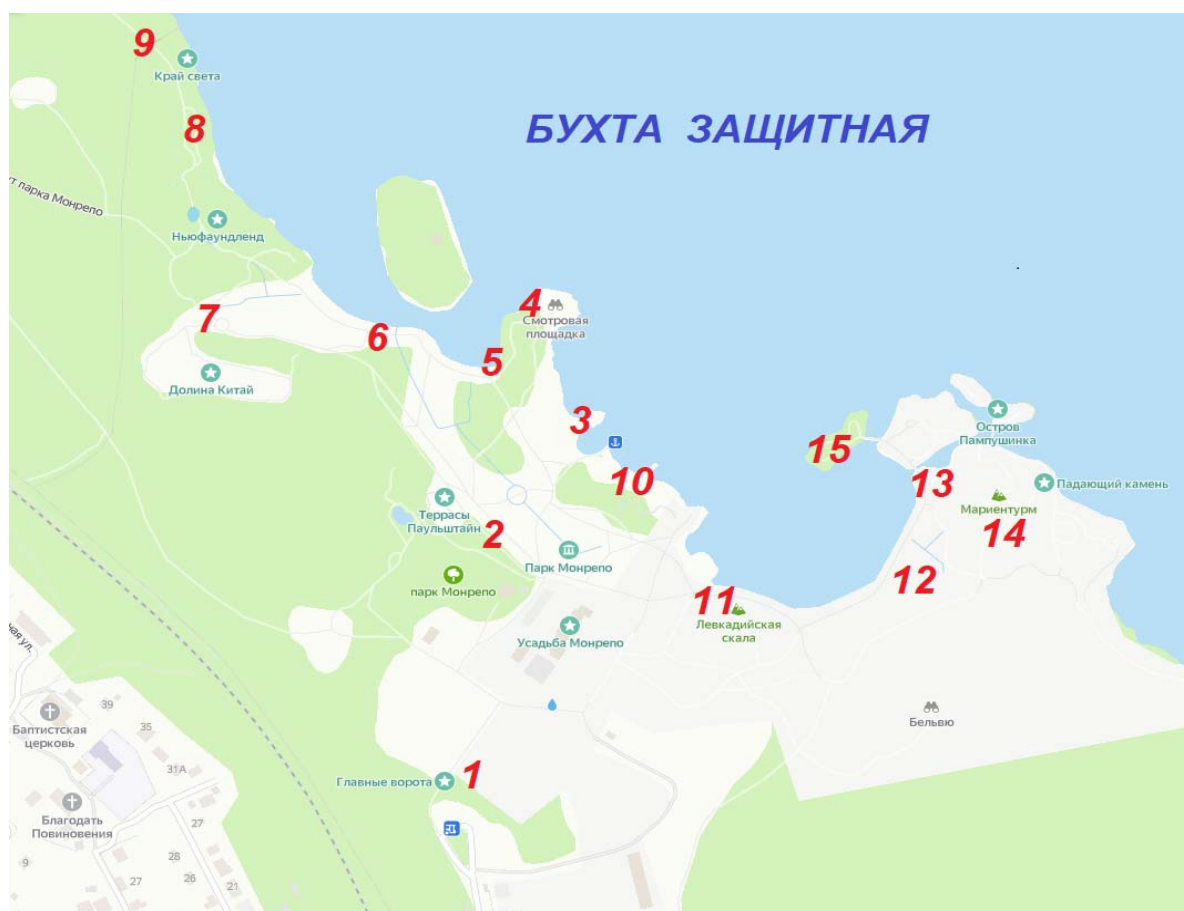


Рисунок 3.13 – Схема расположения станций наблюдений на территории государственного историко-архитектурного и природного музея-заповедника «Парк Монрепо»

Таблица 3.2 – Описание станций наблюдений государственном историко-архитектурном и природном музее-заповеднике «Парк Монрепо» и полученные натурные значения гамма-излучения

№ станции	Географические координаты	Описание	Среднее значение, микро Звт/час	
			Поверхность	На расстоянии 1,5 от поверхности
1	60.730472 N, 28.725709 E	Вход в Парк, каменный забор	0,39	0,31
2	60.733098 N, 28.727582 E	Уступ верхней гранитной террасы, около 20 м над у.м. Массив.	0,4	0,32
3	60.733719 N, 28.727848 E	Пристань № 1, гранит отделочный	0,42	0,29

4	60.734769 N, 28.72749 E	Полуостров на подходе к храму Нептуна. Отдельный камень.	0,52	0,42
5	60.73447 N, 28.726615 E	Западная часть полуостра Нептуна, валун.	0,43	0,28
6	60.734712 N, 28.724287 E	Берег напротив о. Людвигштайн, гранит отделочный	0,4	0,27
7	60.734885 N, 28.721246 E	Родник Нарцисс, почва	0,29	0,24
8	60.735502 N, 28.719647 E	Памятник Вайнемайнену. Постамент гранитный	0,52	0,39
9	60.737325 N, 28.720680 E	Край света, гранит валун	0,43	0,31
10	60.733235 N, 28.729429 E	Пристань № 2, гранит отделочный	0,47	0,32
11	60.732029 N, 28.730802 E	Левкадийская скала, гранит массив	0,52	0,38
12	60.732257 N, 28.734058 E	Долина Розенталь, почва	0,25	0,23
13	60.733332 N, 28.734256 E	Китайские мостики, почва	0,26	0,23
14	60.733096 N, 28.735644 E	Холм Мариентурм, гранит массив	0,59	0,42
15	60.733498 N, 28.732416 E	Остров Палатки, гранит отделочный	0,44	0,32

В ходе изучения данных таблицы 3.2 можно выявить точки, в которых радиационный фон находится в пределах нормы (до 0,4 микрозиверт в час) как у поверхности, так и на расстоянии 1,5 м, а именно станции №7 (Родник Нарцисс, почва), 12 (Долина Розенталь, почва), 13 (Китайские мостики, почва).

Самые низкие значения, таким образом, относятся к группе станций, изучающих почвенный слой. В остальных точках радиационный фон незначительно повышен у поверхности, самые большие значения зафиксированы для станций № 14 (Холм Мариентурм, гранит массив, 0,59 микро Зв/час), 4 (Полуостров на подходе к храму Нептуна, отдельный камень, 0,52 микро Зв/час), 8 (Памятник Вайнемяйнену, постамент гранитный, 0,52 микро Зв/час), 11 (Левкадийская скала, гранит массив, 0,52 микро Зв/час). На расстоянии 1,5 от поверхности повышения были зафиксированы на станциях №4 (0,42 микро Зв/час), 14 (0,42 микро Зв/час).

Исходя из написанного выше, можно говорить о том, что гранитные породы являются источником ионизирующего излучения и могут представлять угрозу для здоровья населения.

3.4 Результаты измерений гамма-излучения на территории г. Выборг

На территории г. Выборг измерения, как и в случае с парком Монрепо, проводились с помощью дозиметра СОЭКС «Квантум», по 20 раз для положения «у поверхности» и 20 раз для положения «на высоте 1,5 м».

Выбрано большее количество станций – 22, – это связано с большей территорией, а также с тем, что в городе, помимо туристического потока, постоянно проживают люди. В городе достаточно много объектов культурного наследия, в том числе памятников архитектуры, но также встречаются и геологические объекты. Расположение станций показано на карте (рис. 3.14-3.15). Усреднённые данные измерений занесены в Таблицу 3.3.

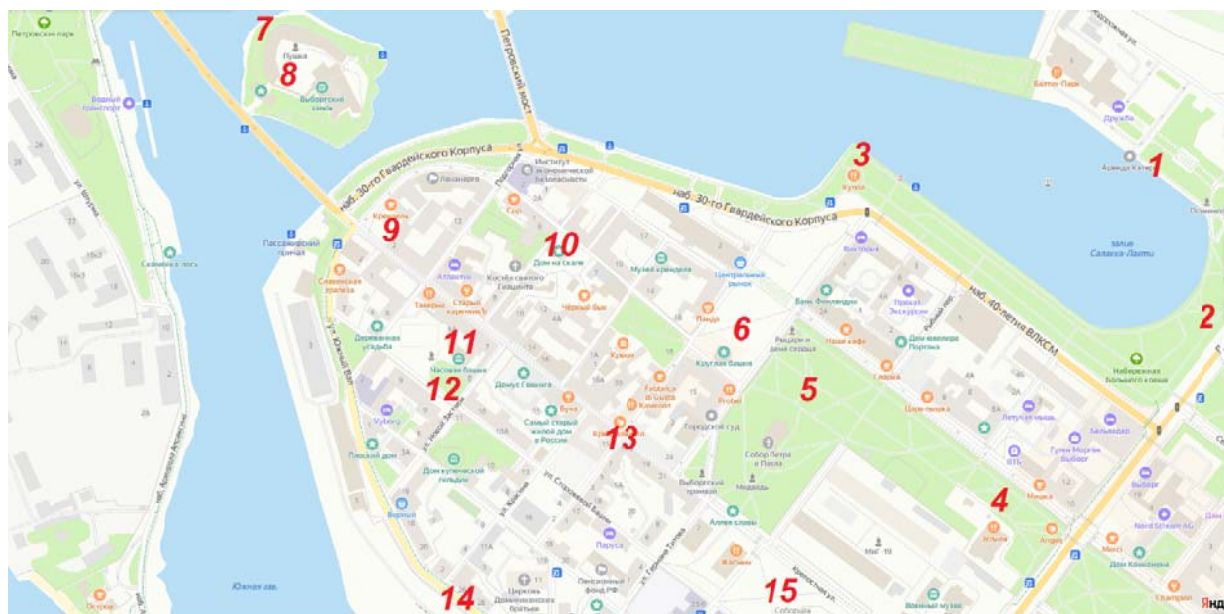


Рисунок 3.14 – Схема расположения станций наблюдений 1-15 за гамма-излучением от природных источников в г. Выборг

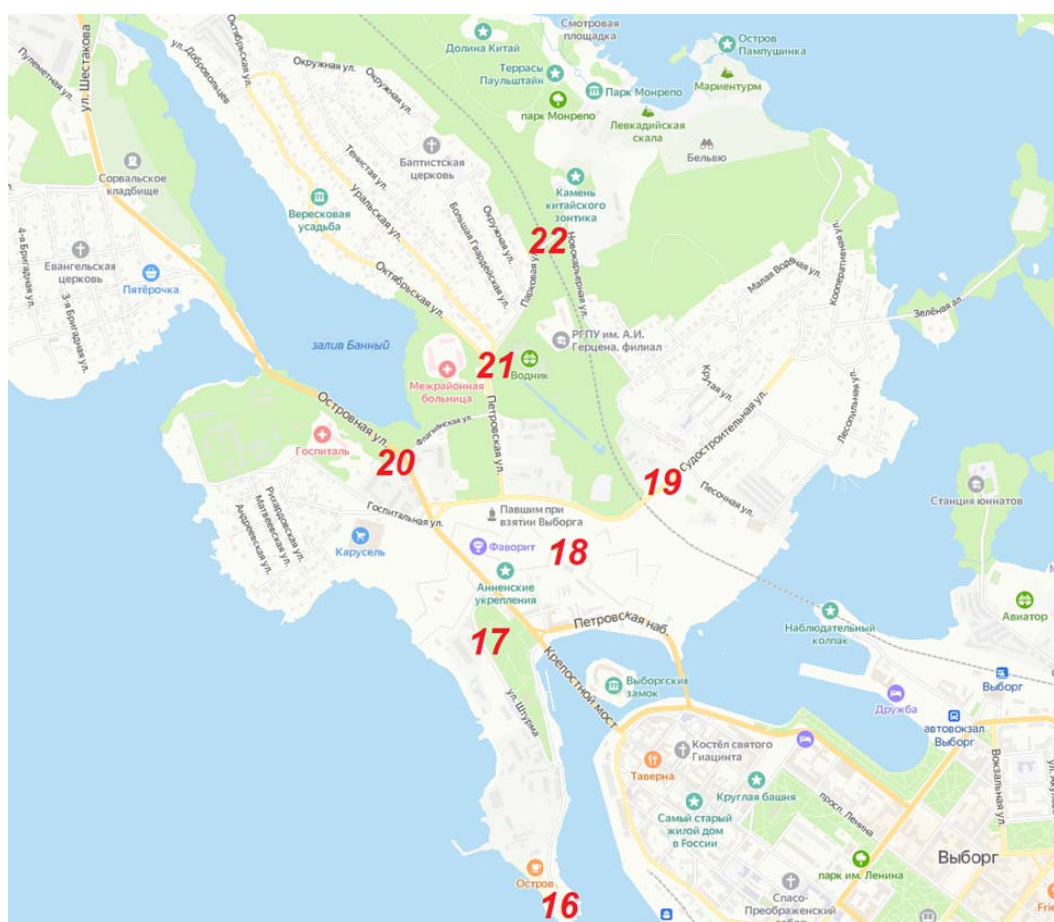


Рисунок 3.15 – Схема расположения станций наблюдений 16-22 за гамма-излучением от природных источников в г. Выборг

Таблица 3.3 – Описание станций наблюдений в г. Выборг и полученные натурные значения гамма-излучения

№ станции	Географические координаты	Описание	Среднее значение, микро Звт/час	
			Поверхность	На расстоянии 1,5 от поверхности
1	60.714948 N. 28.745926 E	Гранитная набережная напротив гостиницы Дружба	0,54	0,44
2	60.713372 N, 28.747280 E	Детская площадка, почва	0,34	0,31
3	60.714932 N, 28.740105 E	Гранитная набережная, лодочная станция	0,52	0,33
4	60.711320 N, 28.743101 E	Парк им. Ленина, ресторан Эспилиа, гранитный парапет клумбы	0,55	0,32
5	60.712657 N, 28.739110 E	Парк им. Ленина, клумба, почва	0,29	0,25
6	60.713260 N, 28.737789 E	Рыночная площадь, Круглая башня, гранитная брусчатка	0,42	0,39
7	60.716213 N, 28.728029 E	Выборгский замок, западная терраса, внешняя стена, булыжная кладка	0,49	0,33
8	60.715851 N, 28.728288 E	Выборгский замок, внутренний двор, гранитная брусчатка	0,46	0,32
9	60.714150 N, 28.730384 E	Памятник Т. Кнутссону, ул. Крепостная, д. 2. Гранитное основание	0,62	0,4
10	60.713918 N, 28.733934 E	Ул. Водной заставы, д.5. Дом на скале.	0,47	0,4
11	60.712963 N, 28.731893 E	Ул. Сторожевой Башни, 5 В. Гранитная булыжная кладка стены башни	0,48	0,36
	60.712635 N,	Ул. Сторожевой	0,47	0,38

12	28.731303 E	Башни. Стена жилого дома с отделкой гранитом		
13	60.712104 N, 28.735278 E	Перекресток ул. Красноармейской и Крепостной, брусчатка	0,51	0,45
14	60.710530 N, 28.731551 E	Ул. Южный вал, д. 26. Гранитная набережная – ограждение зоны порта	0,61	0,35
15	60.710411 N, 28.738434 E	Соборная площадь, брусчатка	0,36	0,34
16	60.709478 N, 28.726274 E	Смоляной Мыс. Пляж. Почва, песок	0,24	0,22
17	60.715835 N, 28.722725 E	Улица Штурма, гранитная терраса, массив	0,48	0,35
18	60.720073 N, 28.723180 E	Аннинские укрепления, Равелинные ворота, булыжная кладка	0,42	0,33
19	60.721025 N, 28.731794 E	Судостроительная улица, почва	0,22	0,20
20	60.722355 N, 28.716701 E	Перекресток ул. Островной и Флагманской, почва	0,25	0,22
21	60.724891 N, 28.721571 E	Перекресток ул. Петровская и Парковая, почва	0,33	0,25
22	60.728062 N, 28.725006 E	Гранитный каньон вдоль ж/д путей, массив	0,52	0,38

В ходе изучения данных таблицы 3.3 можно выявить точки, в которых радиационный фон находится в пределах нормы (до 0,4 микрозиверт в час) как у поверхности, так и на расстоянии 1,5 м, а именно станции №2 (Детская площадка, почва, у поверхности – 0,34 микро Зв/час, на расстоянии 1,5 от поверхности – 0,31 микро Зв/час), 5 (Парк им. Ленина, клумба, почва, у поверхности – 0,29 микро Зв/час, на расстоянии 1,5 от поверхности – 0,25 микро Зв/час), 15 (Соборная площадь, брусчатка, у поверхности – 0,36 микро Зв/час, на расстоянии 1,5 от поверхности – 0,34 микро Зв/час), 16 (Смоляной Мыс, пляж (почва, песок), у поверхности – 0,24 микро Зв/час, на расстоянии 1,5 от поверхности – 0,22 микро Зв/час), 19 (Судостроительная

улица, почва, у поверхности – 0,22 микро Зв/час, на расстоянии 1,5 от поверхности – 0,20 микро Зв/час), 20 (Перекресток ул. Островной и Флагманской, почва, у поверхности – 0,25 микро Зв/час, на расстоянии 1,5 от поверхности – 0,22 микро Зв/час), 21 (перекресток ул. Петровская и Парковая, почва у поверхности – 0,33 микро Зв/час, на расстоянии 1,5 от поверхности – 0,25 микро Зв/час). Все перечисленные станции относятся к группе, где происходили измерения на почвенном слое.

В остальных точках радиационный фон незначительно повышен у поверхности, самые большие значения зафиксированы для станций № 9 (Памятник Т. Кнутссону, ул. Крепостная, д. 2, 0,62 микро Зв/час), 14 (Ул. Южный вал, д. 26. Гранитная набережная – ограждение зоны порта, 0,61 микро Зв/час), 8 (Памятник Вайнемайнену, постамент гранитный, 0,52 микро Зв/час), 4 (Парк им. Ленина, ресторан Эспия, гранитный парапет, 0,55 микро Зв/час), 1 (Гранитная набережная напротив гостиницы Дружба, 0,54 микро Зв/час). На расстоянии 1,5 от поверхности повышения были зафиксированы на станциях №1 (0,44 микро Зв/час), 13 (0,45 микро Зв/час).

Исходя из написанного выше, можно говорить о том, что в городе Выборг присутствуют объекты из гранита, которые являются источником ионизирующего излучения, однако фон повышен незначительно, кроме того, излучение распространяется на небольшое расстояние.

3.5 Обобщение и анализ полученных результатов

Для более наглядного представления данных были составлены графики, позволяющие визуально оценить разность значений между положениями у поверхности и на высоте 1,5м в каждой отдельно взятой точке. На рисунке 3.16 графически представлены результаты измерений для парка Монрепо.

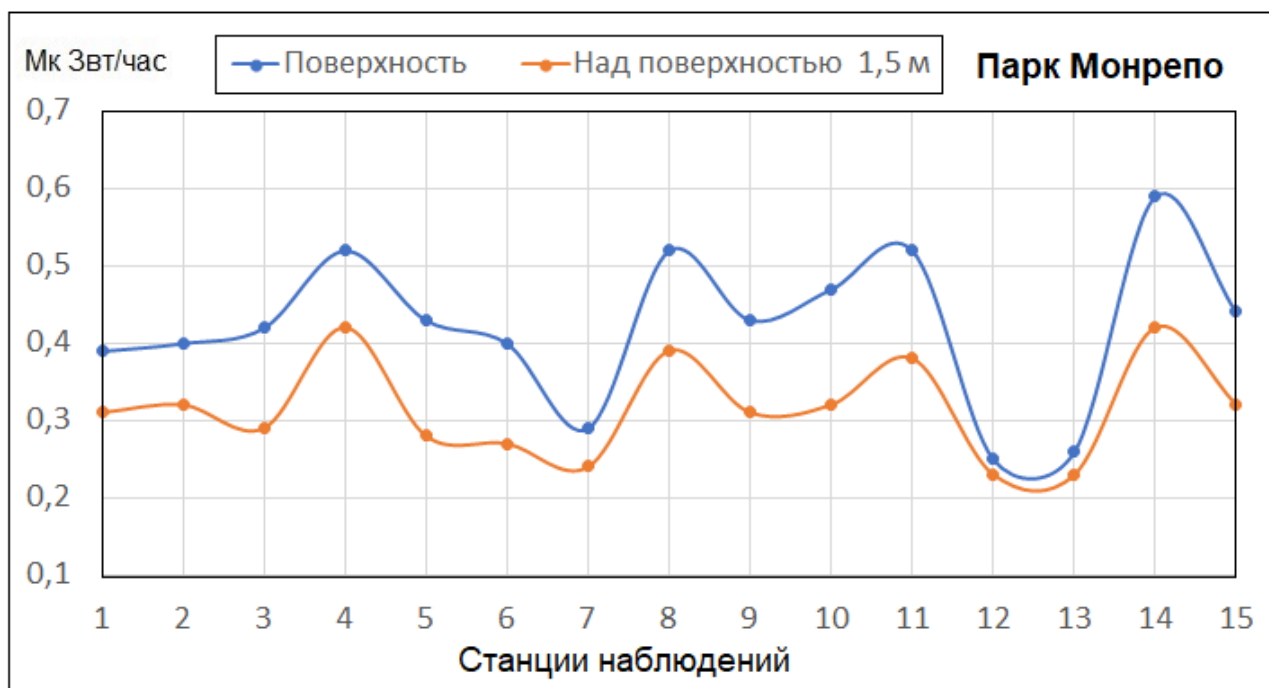


Рисунок 3.16 – Значения мощности поглощенной дозы ионизирующего излучения (микро Зиверт/час) на станциях наблюдений в парке Монрепо.

Значения номеров станций соответствуют станциям в таблице 3.2

На пятнадцати станциях были представлены различные объекты, состоящие из гранита полностью, либо имеющие отдельные элементы из указанного минерала: памятники, геологические объекты, декоративные элементы и пр.

Наименьшая разница между значениями у поверхности и значениями на высоте 1,5 м наблюдается на станциях, где измерения были на почвенном слое, а не на массиве гранита (10-15 %).

Наибольшая разница между значениями у поверхности и значениями на высоте 1,5 м наблюдается на станциях 11 (Левкадийская скала, гранит массив) и 14 (Холм Мариентурм, гранит массив), разница составляет 14 и 17% соответственно.

На рисунках 3.17-3.18 графически представлены результаты измерений для г. Выборг.

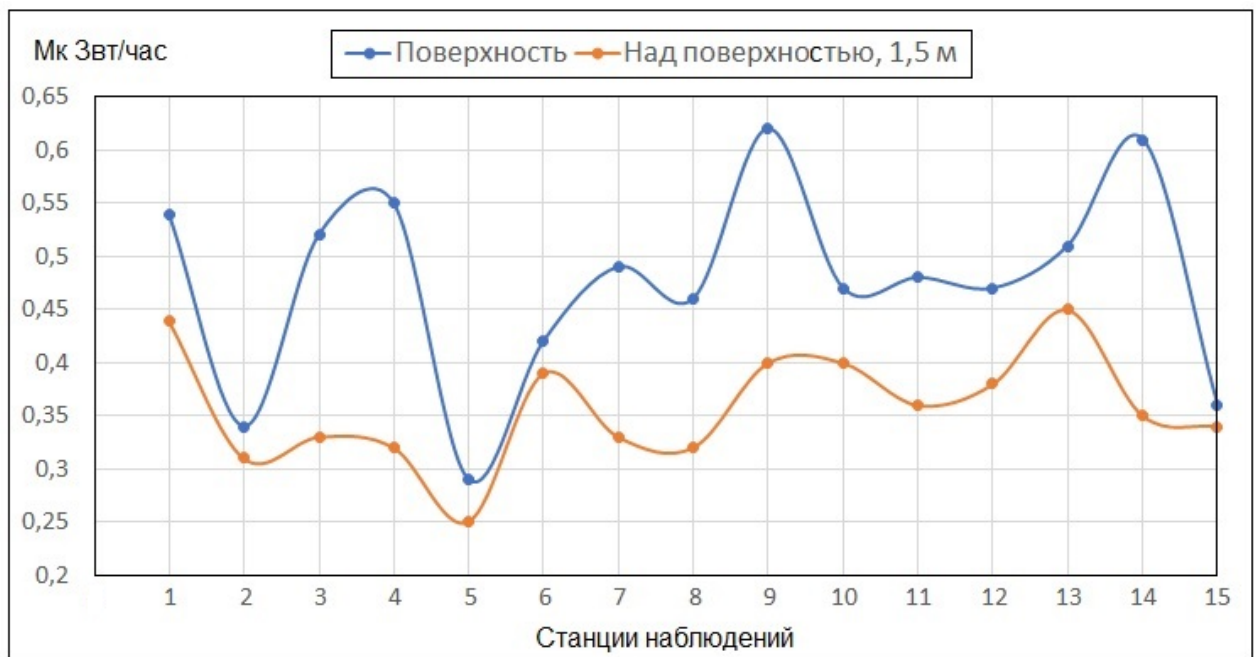


Рисунок 3.17 – Значения мощности поглощенной дозы ионизирующего излучения (микро Зиверт/час) на станциях наблюдений в г. Выборг.

Значения номеров станций соответствуют станциям в таблице 3.3

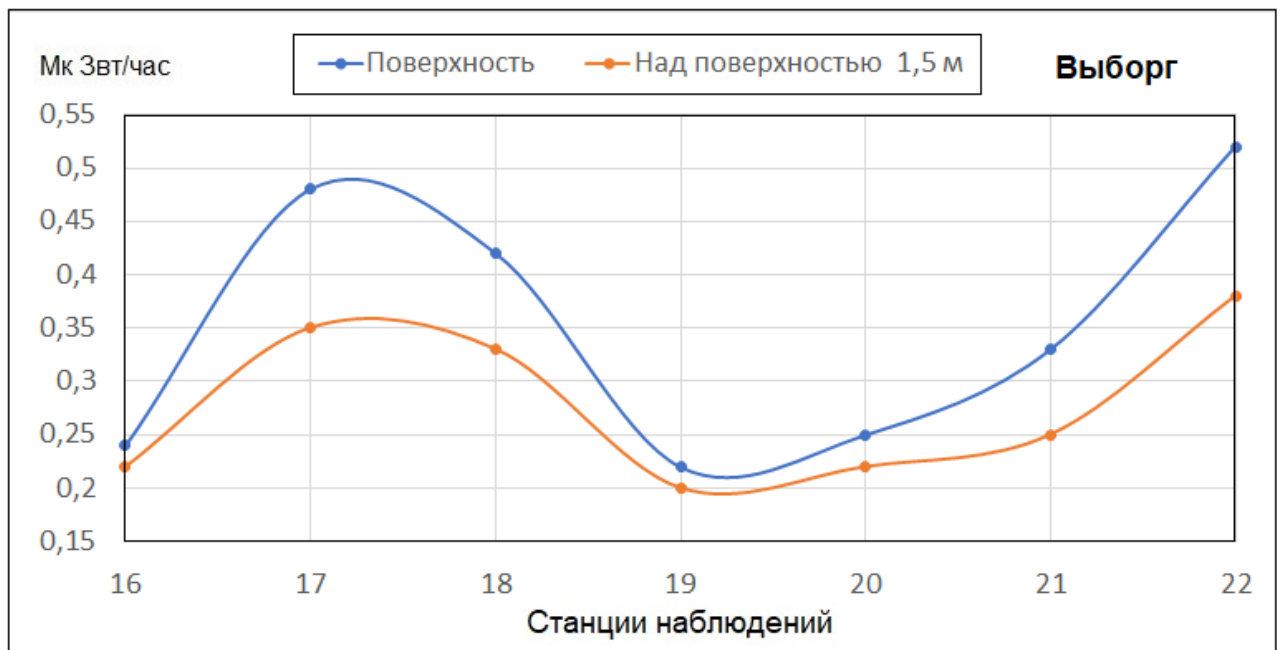


Рисунок 3.5 – Значения мощности поглощенной дозы ионизирующего излучения (микро Зиверт/час) на станциях наблюдений в г. Выборг.

Значения номеров станций соответствуют станциям в таблице 3.3

На двадцати двух станциях встречались облицовочный гранит, гранитная плитка и опоры мостов, цельные гранитные плиты, гранитные постаменты памятников и т.п.

Было установлено, что светлые магматические породы, используемые как строительный и отделочный материал, имеют большее ионизирующее излучение, чем красные (рапакиви). Также обнаружено, что на почве и брусчатке значения радиационного фона в 1.5 раза в среднем меньше, чем на гранитных поверхностях. При этом разница между значениями на поверхности и на высоте 1.5 м на магматических породах значительно больше, чем на станциях, где измерения проводились на почве.

Наибольшая разница между значениями у поверхности и значениями на высоте 1,5 м наблюдается на станциях 3, 4, 9, 14 (разница в 19, 23, 22, 26% соответственно), измерения проводились на граните.

При обобщении результатов и сравнении полученных данных для двух локаций – г. Выборг и парк Монрепо, – установлены следующие общие закономерности:

- гранитные породы формируют достаточно выраженное излучение, которое возможно зафиксировать инструментально;
- излучение от гранитных пород довольно быстро ослабляется по мере удаления от источника (на расстоянии 1,5 м – фон ниже на 30 % в среднем).

В целом, исследование показало, что в г. Выборг и природном парке Монрепо присутствуют локации, где повышен радиационный фон. Сюда относятся как облицовочные граниты, так и культурные объекты (памятники), декоративные элементы. Высокие значения зафиксированы на гранитной набережной. В то же время, на участках, где присутствует почва, песок или брусчатка, радиационный фон в норме.

Оперируя градацией дозиметра-радиометра касательно значений радиационного фона удалось отметить несколько станций, выходящих за границы нормы. Для г. Выборг: №1 (Гранитная набережная напротив гостиницы Дружба), №3 (гранитная набережная в районе лодочной

станции), №4 (Парк им. Ленина, ресторан Эспия, гранитный парапет клумбы), №6 (Рыночная площадь, Круглая башня, гранитная брусчатка), №7 (Выборгский замок, западная терраса, внешняя стена, булыжная кладка), №8 (Выборгский замок, внутренний двор, гранитная брусчатка), №9 (Памятник Т. Кнутссону, ул. Крепостная, д. 2. Гранитное основание), №10 (Ул. Водной заставы, д.5. Дом на скале), №11 (Ул. Сторожевой Башни, 5 В. Гранитная булыжная кладка стены башни), № 12 (Ул. Сторожевой Башни. Стена жилого дома с отделкой гранитом), №13 (Перекресток ул. Красноармейской и Крепостной, брусчатка), №14 (Ул. Южный вал, д. 26. Гранитная набережная – ограждение зоны порта), №17 (Улица Штурма, гранитная терраса, массив), №18 (Аннинские укрепления, Равелинные ворота, булыжная кладка), №22 (Гранитный каньон вдоль ж/д путей, массив). Для парка Монрепо: №3 (Пристань № 1, гранит отделочный), №4 (Полуостров на подходе к храму Нептуна, отдельный камень), №5 (Западная часть полуостра Нептуна, валун), №8 (Памятник Вайнемаяйнену. Постамент гранитный), №9 (Край света, гранит валун), №10 (Пристань № 2, гранит отделочный), №11 (Левкадийская скала, гранит массив), №14 (Холм Мариентурм, гранит массив), №15 (Остров Палатки, гранит отделочный).

Отметим, что повышенные значения фиксировались, как правило, в положении «у поверхности», что вполне соответствует природе гамма квантов от естественных источников ионизирующего излучения, которые не имеют больших энергий, из чего следует, что линейная плотность ионизации среды будет достигать максимума вблизи от источника.

При кратковременном пребывании вблизи перечисленных выше станций организмы не будет нанесён ущерб, однако при длительном и систематическом взаимодействии с такими объектами риски развития патологий возрастают.

4. Практические рекомендации

Как показали результаты проведенных натурных исследований на территории города Выборг и государственного историко-архитектурного и природного музей-заповедника парк «Монрепо» расположены несколько локальных районов характеризующиеся как потенциально опасные, с превышением установленных норма радиационной безопасности в 2 – 3 раза. Прежде всего, это скалистые массивы гранитов выходящие на поверхность как в самом Выборге, где на них расположены в том числе и жилые дома, а также в парке «Монрепо». Потенциально опасными объектами являются также некоторые, представляющие культурную и историческую ценность, а также объекты, расположенные в рекреационных зонах. Это определяет некоторые сложности в отношении ограничительных мер, но они вполне возможны, без демонтажа гранитных конструкций. Так как при кратковременном контакте с изученными гранитными породами, исходя из обнаруженных доз ионизирующей радиации, маловероятно нанесение значительного вреда здоровью человека, речь может идти, в большинстве случаев, о организационных мероприятиях. Например, это может выражаться в коррекции направлений некоторых пеших туристических маршрутов в парке «Монрепо», так чтобы время пребывания на гранитных скалах и террасах было минимальным. Прежде всего, это относится к объектам № 17, 18, 30 и 31 представленных на рисунке 3.9 настоящей работы. В городе Выборг, также целесообразно скорректировать туристическое маршруты, минимизировав время пребывания на выходах скальных массивов, прежде всего это касается улицы Штурма и района станции № 10 (ул. Водной заставы, д. 5.).

Целесообразно при реконструкции домов и районов, полностью исключить возведение многоквартирных жилых домов на гранитных массивах. Если же это невозможно, то первый этаж жилого здания, где может возникать наибольшее неблагоприятное воздействие – целесообразно

отводить под складские помещения или помещения иного статуса, кроме непосредственно квартир. Замечено, на станции № 10, что декоративная облицовка цоколя и первого этажа жилого кирпичного дома выполнена из натуральных гранитных материалов, при этом вблизи стены отмечаются повышенные в 2 раза значения гамма-излучения. Вполне возможно заменить ее здесь и на других подобных объектах на современные отделочные материалы – например искусственный керамогранит, соответствующий всем требованиям радиационной безопасности.

Полностью изолировать население от потенциально опасных объектов, т.к. зачастую при кратковременном контакте вреда здоровью не наблюдается. Тем не менее, на наш взгляд, необходимо вести государственный контроль уровня радиационного фона и мониторинг на территории обозначенных зон.

Для того, чтобы снизить уровень негативного воздействия ионизирующего излучения от природных источников на здоровье населения, могут быть рекомендованы следующие меры:

- если средние значения гамма-излучения гранитных элементов зданий или архитектурных сооружений превышает установленные нормы в несколько раз, может быть рекомендовано заменить части, представляющие опасность, вплоть до полного сноса объекта, однако эта мера не всегда осуществима, например, по техническим или экономическим причинам. В таких случаях может быть изменено функциональное назначение объекта (например, перевод из жилого фонда в иную категорию, не предполагающую постоянное проживание людей в помещении), либо установить санитарно-защитные зоны вокруг таких объектов и ограничить к ним доступ.

- ограничить доступ туристов и населения к районам, геологические особенности которых указывают на возможные превышения средних значений гамма выше верхнего порога приемлемого уровня.

- определить удельную активность гранитов, которые используются как материалы для декоративных объектов, памятников, памятных табличек

на территории города, проверить их соответствие действующим в РФ гигиеническим требованиям по ограничению облучения населения за счет природных источников ионизирующего излучения «СанПиН 2.6.1.2800-10». При необходимости сохранения единого архитектурного облика не отказываться от использования гранитов полностью, а заменить их гранитами более безопасного типа.

– при выявлении объектов из гранита, представляющих радиологическую опасность по результатам мониторинга, провести мероприятия по контролю радиационной обстановки объектов, изготовленных из гранита того же производства и временного промежутка.

В качестве повышения эффективности соблюдения законодательных норм в области радиационной безопасности рекомендуется осуществить государственный мониторинг радиационной обстановки для всех объектов (цельно-гранитные постаменты, облицовочные изделия из природного и искусственного камня и т.п.), сооружение которых было произведено до принятия действующих на настоящий период законодательных актов. В районах природных выходов магматических пород на поверхность на территориях Выборгского и Приозерского районов Ленинградской области, должны быть проведены более тщательные исследования в области радиационной безопасности, прежде всего, вблизи объектов жилой застройки, в рекреационных и культурно-исторических зонах, активно посещаемых населением. Целесообразно подготовить подробный атлас радиационной обстановки от природных источников, на основе данных которого проектные организации и органы государственной власти будут осуществлять развитие и реконструкцию объектов и территорий, а также, в случае необходимости, вводить некоторые ограничительные мероприятия. Помимо вышеперечисленного, существует необходимость информирования населения, проживающего в местах с повышенным радиационным фоном, об опасности ионизирующего излучения и об объектах, которые могут быть источниками повышенного ионизирующего излучения. Для этих целей

следует распространять информационные брошюры, установить информирующие знаки о риске для здоровья при длительном пребывании в границах обозначенных участков.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Настоящее исследование показало, что измерение гамма-излучения от природных источников с помощью дозиметра позволяет сделать вывод об уровне радиационного фона на определённой территории и выявить потенциально опасные объекты. Осуществление инструментальной оценки гамма-излучения помощью прибора SoeksQuantum, внесённого в Государственный реестр средств измерений, для исследования гамма-излучения от природных источников показало удобство его применения.

В ходе работы измерения были проведены для города Выборг Ленинградской области и государственного историко-архитектурного и природного музея-заповедника парк «Монрепо» в его окрестностях. Получены натурные данные гамма-излучения на 37 станциях. Измерения проводились на уровне поверхности и на высоте 1,5 м от поверхности в 20 последовательных повторениях. Затем определялось среднее значение применительно к поверхностному уровню и на расстоянии 1,5 от него. Было высказано предположение, что гранит может являться источником повышенного ионизирующего излучения, т.к. часто содержит в своём составе радиоактивные изотопы.

По результатам проведенного исследования сформулированы следующие выводы.

1. Рассмотрение природных источников ионизирующего излучения на территории Ленинградской области показало, что данные источники, связанные с определёнными геологическими периодами, локализованы в основном в пределах Выборгского, Приозерского и Ломоносовского районов.

2. Природные источники ионизирующего излучения в ландшафтах связаны, прежде всего, с наличием вблизи поверхности выходов крупных массивов магматических горных пород – гранитов, в которых обычно содержатся природные радиоизотопы калия, рубидия, урана. На территориях

Невско-Ладожского глинта (Ломоносовский район), могут быть отмечены участки с выходом радиоактивного газа радона.

3. Результаты натурных измерений гамма-излучения в Выборге на 22 станциях показали следующее: в городе Выборг присутствуют объекты из гранита, которые являются источником ионизирующего излучения, однако фон повышен незначительно, кроме того, излучение распространяется на небольшое расстояние. Удалось выделить ряд станций, выходящих за пределы нормы: №1 (Гранитная набережная напротив гостиницы Дружба), №3 (гранитная набережная в районе лодочной станции), №4 (Парк им. Ленина, ресторан Эспия, гранитный парапет клумбы), №6 (Рыночная площадь, Круглая башня, гранитная брусчатка), №7 (Выборгский замок, западная терраса, внешняя стена, булыжная кладка), №8 (Выборгский замок, внутренний двор, гранитная брусчатка), №9 (Памятник Т. Кнутссону, ул. Крепостная, д. 2. Гранитное основание), №10 (Ул. Водной заставы, д.5. Дом на скале), №11 (Ул. Сторожевой Башни, 5 В. Гранитная булыжная кладка стены башни), №12 (Ул. Сторожевой Башни. Стена жилого дома с отделкой гранитом), №13 (Перекресток ул. Красноармейской и Крепостной, брусчатка), №14 (Ул. Южный вал, д. 26. Гранитная набережная – ограждение зоны порта), №17 (Улица Штурма, гранитная терраса, массив), №18 (Аннинские укрепления, Равелинные ворота, булыжная кладка), №22 (Гранитный каньон вдоль ж/д путей, массив).

На станциях, где измерения проводились на почвах, уровень ионизирующего излучения был в основном нормальным.

4. Результаты натурных измерений гамма-излучения в парке Монрепо на 15 станциях показали следующее: удалось выявить точки, в которых радиационный фон находится в пределах нормы (до 0,4 микрозиверт в час) как у поверхности, так и на расстоянии 1,5 м, а именно станции №7 (Родник Нарцисс, почва), 12 (Долина Розенталь, почва), 13 (Китайские мостики, почва). Самые низкие значения относятся к группе станций, изучающих почвенный слой. В остальных точках радиационный фон существенно

повышен у поверхности, самые большие значения (среднее из 20 повторностей) зафиксированы для станций № 14 (Холм Мариентурм, гранит массив, 0,59 микро Зв/час), 4 (Полуостров на подходе к храму Нептуна, отдельный камень, 0,52 микро Зв/час), 8 (Памятник Вайнемайнену, постамент гранитный, 0,52 микро Зв/час), 11 (Левкадийская скала, гранит массив, 0,52 микро Зв/час). На расстоянии 1,5 от поверхности повышения были зафиксированы на станциях № 4 (0,42 микро Зв/час), 14 (0,42 микро Зв/час). При этом было в целом отмечено, на гранитных массивах снижение значений гамма-излучения с увеличением расстояния от их поверхности до 1,5 м происходит на 25–30 %, а на расстоянии в 3 метра – до 40 %, что может быть использовано на практике при коррекции туристических маршрутов и в строительстве.

5. Разработаны практические рекомендации для минимизации воздействия ионизирующего излучения на население г. Выборга на основе организационных и технических мероприятий, в том числе на основе альтернативных природным гранитам строительных и отделочных материалов для их применения в жилой застройке.

6. Обоснована необходимость создания сети станций мониторинга природных источников ионизирующего излучения в наиболее подверженных этому воздействию территориях.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. База данных сайта vyvoz.org [Электронный ресурс] - <https://vyvoz.org/blog/chto-takoe-ionizirujushhee-izluchenie/> (дата обращения: 30.10.2022)
2. Белозерский, Г.Н. Радиационная экология: учебник для бакалавриата и магистратуры [Текст] / Г. Н. Белозерский. — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2019. — 418 с. — (Серия : Бакалавр и магистр. Академический курс).
3. Бетенеков, Н.Д. Радиоэкологический мониторинг [Текст]: учебное пособие / Н.Д. Бетенеков. — Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та. 2014. — 208 с.
4. Временные методические указания по радиационно-гигиенической оценке полезных ископаемых при производстве геологоразведочных работ на месторождениях строительных материалов [Текст] / Всесоюзный научно-исследовательский институт геологии нерудных полезных ископаемых (ВНИИ геолнеруд), 1986. — 52 с.
5. Гранит в отделке городов [Электронный ресурс] - <https://voznernerud.ru/o-kompanii/struktura> (дата обращения: 30.10.2022)
6. Гулимова, Е.В. Экологическая безопасность строительных материалов и изделий [Текст]: учебное пособие / Е.В. Гулимова, Т.А. Младова, Н.В. Муллер. — 2-е изд., доп — Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВПО «КНАГТУ». 2014. — 108 с.
7. Дьяченко, Г.И. Мониторинг окружающей среды (Экологический мониторинг) [Текст] / Г.И. Дьяченко. — Новосибирск, 2003. — 64 с.
8. Естественная радиоактивность и онкология в Ленинградской области [Электронный ресурс] - <https://www.cottagesspb.ru/ekologiya/karta-geo/> (дата обращения: 30.10.2022)
9. Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2019. Т. 330. № 3. 111–125 Злобина А.Н. и др.

Радиозэкологическая опасность для населения в районах распространения высокорadioактивных гранитов.

10. МР 2.6.1.0006—10 Проведение комплексного экспедиционного радиационно-гигиенического обследования населенного пункта для оценки доз облучения населения [Электронный ресурс] - <https://www.rospotrebnadzor.ru/documents/details.php> (дата обращения: 30.10.2022)

11. Музей-заповедник «Парк Монрепо» [Электронный ресурс] - <https://www.parkmonrepos.org/> (дата обращения: 30.10.2022)

12. Нестеров Е.М., Погребс Н.А., Сергеева С.П. Выборг – славяне, викинги, протерозой (Методические рекомендации к геологокраеведческой экскурсии) // Экскурсии в геологию: Монография Т.1 / Под ред. Е.М.Нестерова. – СПб.: Изд-во ОМ-ПРЕСС, 2001. – С. 131-150.

13. Новиков, Ю.В. Экология, окружающая среда и человек [Текст]: учебное пособие для вузов/ Ю.В. Новиков. – М.: Издательский центр «Академия». 2005. – 736 с.

14. Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009 [Электронный ресурс] - <https://docs.cntd.ru/document/902170553> (дата обращения: 30.10.2022)

15. Официальный сайт производителя Soeks [Электронный ресурс] - <https://vyvoz.org/blog/что-такое-ионизирующее-излучение/> (дата обращения: 30.03.2022)

16. Петрова, А.М. Анализ радиационной обстановки Санкт-Петербурга и Ленинградской области [Текст] / А.М. Петрова, В.В. Яковлев // Евразийский Союз Ученых (ЕСУ). 2018. – №1 (46). – с. 28-32.

17. Портал МО «Выборгский район» Ленинградской области [Электронный ресурс] - <http://www.city.vbg.ru/> (дата обращения: 30.10.2022)

18. Радиоактивное загрязнение Санкт-Петербурга [Электронный ресурс] - https://www.dishisvobodno.ru/rad_eco_spb.html (дата обращения: 30.10.

19. Радиоактивность гранитов [Электронный ресурс] -
<https://www.bosstechnology.com.ua/radioaktiven-li-granit-klassy-radioaktivnosti/>
(дата обращения: 30.10.2022)

20. Сидоренко, Г.И. Радон в жилищах (обзор) [Текст] / Г.И. Сидоренко, Е.А. Можаяев // Радиационная гигиена. 1994. –с. 49-51.