

ГАУКОДО КОДЮЦЭКТ
МАОУ гимназия №32 г. Калининград

Номинация: Ландшафтная экология и почвоведение

**Радиационный фон центральной части города Калининграда
с учётом ландшафтного подхода**

Автор:

Пугачева Софья Александровна,
9 класс МАОУ гимназия №32
г. Калининград,
ГАУКОДО КОДЮЦЭКТ

Руководители:

Амвросьева Лариса Валериановна,
методист КОИРО, учитель географии
МАОУ гимназии №32
Гуцол Светлана Михайловна
методист, педагог дополнительного
образования ГАУКОДО КОДЮЦЭКТ

Научный консультант:

Станченко Лариса Юрьевна, кандидат
географических наук, доцент
образовательно-научного кластера
«Институт управления и
территориального развития» БФУ им.
И. Канта, руководитель «Геошколы»
БФУ им. И. Канта

Калининград, 2025

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
1. Обзор литературы	
1.1. Источники естественного радиационного фона и условия формирования радиационного фона	3
1.2. Основные источники антропогенного радиационного загрязнения	4
1.3. Рельеф Калининградской области.....	5
2. Материалы и методика.....	6
3. Результаты и обсуждение	
3.1. Радиационный фон центральной части города Калининграда	7
3.2. Гранулометрический состав, кислотность почвы	8
3.3. Значения радиационного фона в связи с особенностями ландшафтной структуры центральной части города Калининграда ...	9
3.4. Основные источники природного поступления радионуклидов в окружающую среду.....	12
4. Выводы.....	12
Список использованных источников.....	14
Приложение....	15

Введение

Современные живые организмы и среда их обитания находятся под постоянным антропогенным давлением. Радиоактивное загрязнение может быть естественным и искусственным. Естественное – это, к примеру, выбросы вулканов и подземных вод. Искусственное возникает в результате техногенной деятельности человека.

Радиационный фон Калининградской области обусловлен действием природных источников радиации: геологическое строение, рельеф, почвы, климат, которые в комплексе обуславливают невысокие значения радиационного фона — территория Калининградской области относится к зоне умеренной природной радиации (16-17 микрорентген в час – 1,6-1,7 мкЗв/час). Очень важно проводить мониторинг радиационного фона в зависимости от рельефа для более точной оценки состояния окружающей среды и возможных рисков для здоровья населения. Радиоактивность в почве зависит от рельефа, механического состава и рН [11]. МАОУ гимназия №32 расположена в центральной части города Калининграда в окружении искусственно созданных водоёмов и парковых зон рекреации города. Поэтому автор считает актуальным проведение исследования радиационного фона в любимых местах отдыха горожан и туристов региона.

Цель работы: провести исследования радиационного фона города Калининграда с учётом ландшафтного подхода. Для достижения цели были поставлены **задачи:**

1. Исследовать радиационный фон центральной части города Калининграда.
2. Определить гранулометрический состав почвы, кислотность почвы (рН).
3. Определить значения радиационного фона в связи с особенностями ландшафтной структуры центральной части города Калининграда.
4. Выявить основные источники природного поступления радионуклидов в окружающую среду.

Гипотеза: предполагаем, что в более низких местах рельефа на исследуемых участках уровень радиации должен быть значительно выше, чем на возвышенности.

Благодарим методиста КОИРО, учителя географии гимназии №32 Амвросьеву Л.В.; методиста ГАУКОДО КОДЮЦЭКТ, педагога дополнительного образования Гуцол С.М. за организацию и помощь в проведении и оформлении исследовательской работы; руководителя «Геошколы» БФУ им. И. Канта, кандидата географических наук Станченко Л.Ю. за консультации в проведении исследования; обучающихся экостанции «ЭКОС 32» МАОУ гимназии №32 за помощь в отборе проб.

1. Литературный обзор

1.1 Источники естественного радиационного фона и условия формирования радиационного фона

Основную часть облучения населения земного шара получают от естественных источников радиации. Разные виды излучения падают на поверхность Земли из космоса и поступают от радиоактивных веществ,

находящихся в земной коре. Уровень радиации в некоторых местах земного шара, там, где залегают особенно радиоактивные породы, оказываются значительно выше среднего, а в других местах - соответственно ниже. Уровень облучения растёт с высотой, поскольку при этом над нами остаётся все меньше воздуха. [8].

В биосфере радиоактивные элементы рассеяны и только изредка встречаются в значительных количествах. Их возникновение связывают с образованием Земли. В период, предшествующий образованию нашей планеты, существовали условия, благоприятствующие возникновению радиоактивных элементов в веществе Земли. В этот период времени и возникла основная масса радиоактивных изотопов, в том числе долгоживущие, которые сохранились до настоящего времени, и короткоживущие, к настоящему времени полностью распавшиеся. В зависимости от происхождения все естественные радиоактивные элементы Земли делятся на три группы [3]. Существует три основных источника естественной радиоактивности: космическое излучение и солнечная радиация; излучение земной коры; радон [4]. По литературным источникам, естественный радиационный фон в Калининградской области составляет 16-17 микрорентген в час, что является нормой. [9].

1.2. Основные источники антропогенного радиационного загрязнения

К городской радиации можно отнести общественные потребности (водоснабжение, строительные материалы, горнодобывающая промышленность и сельское хозяйство) медицинские обследования (рентгенологические обследования), ядерное оружие (радиоактивные осадки в результате наземных испытаний ядерного оружия), ядерная энергетика (выбросы предприятий ядерной энергетике), предметы быта (телевидение) [1]. Основными источниками радиоактивного загрязнения на территории России являются предприятия, связанные с добычей и переработкой ядерного топлива, а также с производством радиоактивных материалов. К источникам радиоактивного загрязнения техногенного происхождения относятся: экспериментальные взрывы атомных, водородных и нейтронных бомб; различные производства, связанные с изготовлением термоядерного оружия; атомные реакторы и электростанции; предприятия, где используются радиоактивные вещества; станции по дезактивации радиоактивных отходов; захоронения отходов атомных предприятий и установок. [10].

Калининградская область значительно удалена от крупных антропогенных источников радиации - АЭС, полигонов захоронения радиоактивных отходов, основных морских и океанических путей следования атомных ледоколов [6].

В Калининградской области радиоактивное загрязнение может быть связано с рядом факторов. Военные и промышленные предприятия: В советское время в регионе действовали различные военные объекты,

которые могли быть источниками радиоактивных отходов. Современные предприятия, такие как заводы, занимающиеся переработкой и утилизацией радиоактивных материалов, также могут оказывать влияние на радиационный фон. Рельеф местности оказывает значительное влияние на распределение радиации в почве. [2]. Это влияние проявляется через несколько ключевых факторов: высота и расположение; склоновые процессы; зависимость от типа почвы; водоёмы и дренаж; наклон и ориентация склонов. [4].

1.3. Рельеф Калининградской области

В возвышенных местах элювиальных отложений будет осуществляться интенсивный вынос веществ, следовательно, в нижней части транс аккумулятивных отложений будет их накопление [5]. Взаимосвязь между рельефом и уровнем радиации в почве является сложным процессом, который зависит от множества факторов, включая геологические и климатические условия. Высокие участки имеют более высокий уровень космического излучения. Склоны могут накапливать радионуклиды из-за эрозии, а наличие водоемов влияет на миграцию этих материалов. Уровень pH влияет на доступность радионуклидов для растений и микроорганизмов. Более кислые почвы (низкий pH) могут улучшать растворимость некоторых радионуклидов, что приводит к их лучшему усвоению растениями и потенциальному увеличению биологической активности радиации. [8].

Рельеф области – преимущественно равнинный, низменно-холмистый. Город Калининград расположен на обширной Прегольской низменности, высота которой над уровнем моря от тринадцати до 30 м. На северо-востоке находится холмистый массив – Шешупская равнина, к которой с запада примыкает огромная по масштабам области Самбийская холмисто-моренная гряда, протянувшаяся через всю область от Немана до Калининграда. [9].

Почвы Калининградской области представлены в основном двумя типами: дерново-подзолистые и бурые лесные. Широко распространены почвы с признаком избыточного увлажнения. Местами под широколиственными смешанными лесами.

Концентрация естественных радионуклидов в почвах в дерново-подзолистых почвах составляет: ^{238}U – 15,2 Бк/кг; ^{232}Th – 22,2 Бк/кг; ^{40}K – 300 Бк/кг. Мощность дозы составляет 34нГр.ч., что является нормой [10].

Климат Калининградской области, расположенной в умеренном климатическом поясе, принято считать переходным от морского к умеренно континентальному [2].

Радиационный фон Калининградской области обусловлен действием природных источников радиации: геологическое строение, рельеф, почвы, климат, которые в комплексе обуславливают невысокие значения радиационного фона — территория Калининградской области относится к зоне умеренной природной радиации [8].

2. Материалы и методика

Съёмка радиационного фона на территории города Калининграда была произведена по стандартной методике по сети точек, координаты были записаны в полевой журнал по данным измерений GPS. Исследование проводилось с 12 октября по 02 ноября 2025 года. Объектом данного исследования послужили территории города Калининграда: Центральный парк Калинина – парк «Победы»; парк «Юность» - Верхнее и Нижнее озеро; зелёная зона Литовского вала. Предмет исследования – уровень радиационного фона в почвах и приземном слое воздуха, гранулометрический состав почвы, её кислотность.

В качестве рабочего прибора был использован портативный радиометр «RADEX» в мкЗв. Для выявления особенностей миграции радионуклидов в журнал также заносились данные о положении точки измерения в рельефе и привязки к функциональной зоне.

В работе использовались методы исследования: картографический; метод ключевых площадок; метод профилирования; метод жгута для определения гранулометрического состава почвы; метод определения кислотности почвы (рН); метод ландшафтного подхода.

Рассматриваемые ландшафты отличаются друг от друга рельефом, почвами, типами растительности, функциональной принадлежностью территорий и разной антропогенной нагрузкой (Рис.1).



Рис. 1 Территория поведения исследования, расположение ключевых площадок на карте города Калининграда

Общая площадь исследуемых территорий составила около 8 км². Всего на 3-х ключевых площадках было проведено 80 измерений радиационного фона. Определение гранулометрического состава почвы, кислотности почвы (рН) проводилось в лаборатории КОДЮЦЭКТ, экостанции «Экос 32» МАОУ гимназии №32.

Профили рельефа по ключевым площадкам исследования в центральной части города Калининграда сделаны с помощью программы Googl Earth Pro.

3. Результаты и обсуждения

3.1. Радиационный фон центральной части города Калининграда

Определены значения радиационного фона в связи с особенностями ландшафтной структуры. Максимальные значения по радиации наблюдаются в промышленно транспортной функциональной зоне (0,36 мкЗв/ч) с характером покрытия - тротуарная плитка (0, 36 мкЗв/ч) (Табл. 1).

Таблица 1

Максимальные значения радиационного фона в связи с особенностями ландшафтной структуры

Особенности ландшафтной структуры	Максимальные значения, мкЗв/ч
Функциональные зоны	
- рекреации и отдыха	0,18
- промышленно-транспортная	0,36
Характер покрытия	
Грунт открытый	0,14
Грунт, закрытый естественной и декоративной растительностью	0,15
Тротуарная плитка	0,36
Асфальт	0,20

Рассмотрим распределение значения радиационного фона на ключевых площадках исследования. На ключевой площадке №1 выделяется несколько ареалов повышенных значений радиационного фона, все они небольшие по площади и прилегают в основном к автомагистрали около парка Победы. На ключевой площадке №2 в районе Верхнего озера на гранитном променаде наблюдается повышение радиационного значения до 0,36 мкЗв/ч. На ключевой площадке Литовского вала превышение радиации наблюдается на точке 1 около Королевских ворот рекреационной зоны - 0,32 мкЗв/ч (Табл. 2). В зоне рекреации в парках центральной части города Калининграда тип подстилающей поверхности: травянистая растительность, незапечатанные мертвопокровные почвенные пространства.

Преобладают почвенные покровы, в основном занятые травянистой растительностью или незапечатанными мертвопокровными почвенными пространствами. Значения радиационного фона не превышают 0,13 мкЗв/ч. У кромки воды в парке «Юность» и ручья Литовского вала наблюдались наименьшие значения от 0,07 до 0,09 мкЗв/ч (Табл.2)

Территория вблизи зданий запечатана (плитка, насыпная поверхность (щебень), средние значения не превышают 0,20 мкЗв/ч.

Повышенные средние значения 0,36 мкЗв/ч так же отмечаются в местах вблизи с железной дорогой.

Таблица 2

Распределение значений радиационного фона на ключевых площадках центральной части города Калининграда

Параметры	Ключевая площадка №1 Парк Калинина-парк Победы, мк Зв/ч	
Минимальное значение	0,12	
Максимальное значение	0,20	
Среднее значение	0,16	
Количество измерений	42	
Параметры	Ключевая площадка №2 Парк Юность - Нижнее озеро, мк Зв/ч	
Минимальное значение	0,007	
Максимальное значение	0,36	
Среднее значение	0,21	
Количество измерений	42	
Параметры	Ключевая площадка №3 Литовский вал от Королевских ворот до Музея янтаря, мк Зв/ч	
Минимальное значение	0,009	
Максимальное значение	0,32	
Среднее значение	0,16	
Количество измерений	42	

3.2. Гранулометрический состав, кислотность почвы

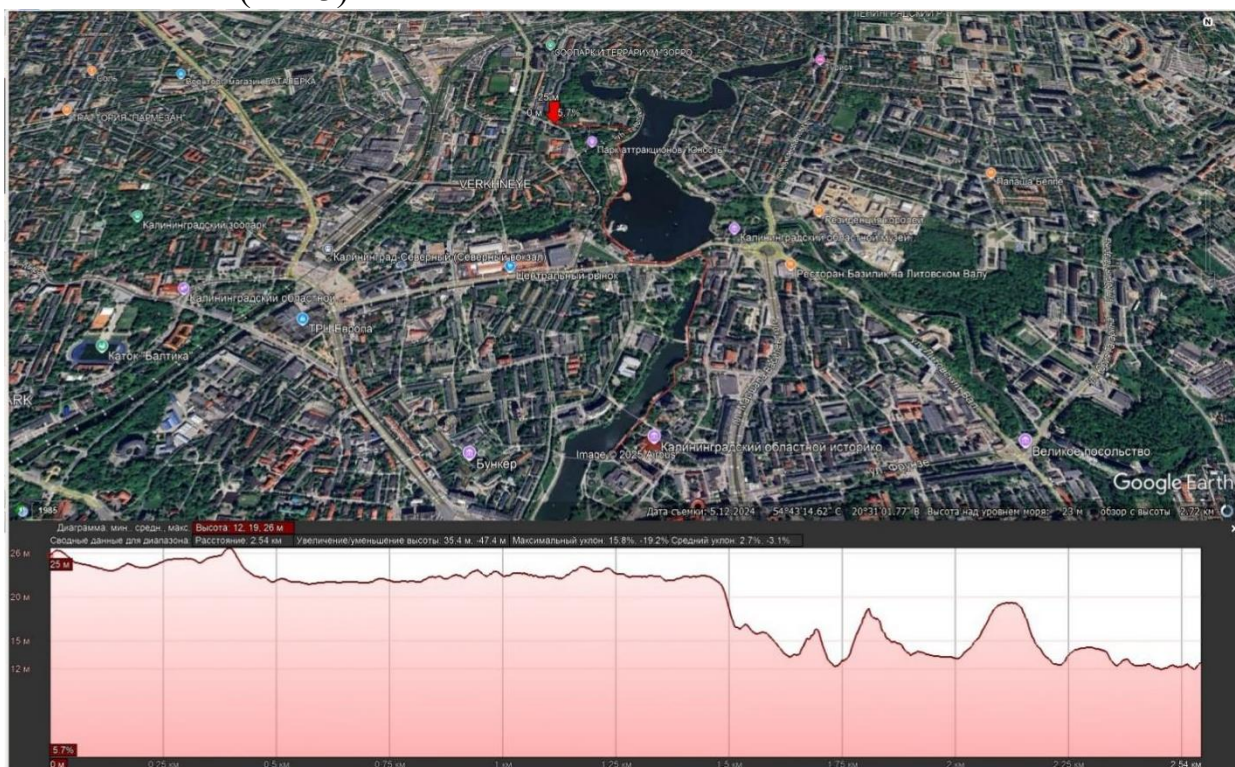
Почвообразующие породы на территории Калининградской области можно разделить на пять генетических групп: ледниковые, водно-ледниковые, супесчаные и песчаные породы, современные аллювиальные, аллювиально-озёрные и аллювиально-делювиальные отложения [2]. На базе этих отложений сформировались почвы, среди которых наиболее распространены подзолистые почвы различного типа. Они разнообразны по механическому составу и достаточно богаты минеральными элементами.

Для Калининграда характерной чертой почв является их запечатанность, переуплотнённость, а также повсеместное распространение насыпных техногенных слоёв. В историческом центре города мощность насыпных техногенных отложений в среднем составляет 3,0 м.

На всех участках исследования по механическому составу преобладают лёгкий и средний суглинок (Приложение 1). Большинство почв

насыпная поверхность (щебень), средние значения не превышают 0,20 мкЗв/ч (Приложение 1, 2).

На ключевой площадке №2 наблюдается максимальные показатели радиации в Т4, 5, что вероятно связано с понижением в рельефе и щелочным составом почв (Рис.3).



T1 T2 T3 T4 T5

Рис. 3 Ключевая площадка Ключевая площадка №2 Парк Юность - Нижнее озеро

На ключевой площадке №3 расположенной на Литовском валу основание которого является фортификационное сооружение, выделяется единичные ареалы повышенных значений радиационного фона (до 0,32 на Т1), по сравнению с общим значением, все они небольшие по площади и прилегают в основном к автомагистралям, либо фортификационному сооружению. В целом, значения радиационного фона КП лежат в одном диапазоне 0,11 мкЗв/ч.

Территория вблизи туристических объектов музейного комплекса «Королевские ворота» домов запечатана (плитка), средние значения не превышают 0,15 мкЗв/ч.

Повышенные средние значения 0,21- 0,24 мкЗв/ч отмечаются в местах скопления строительного мусора от разрушения фортификационного сооружения Литовского вала. Максимальные значения на данной ключевой площадке наблюдаются в Т.3,4,5. Возможно это связано с понижением в рельефе, щелочным составом почв, глинистой структурой почв (Рис.4).

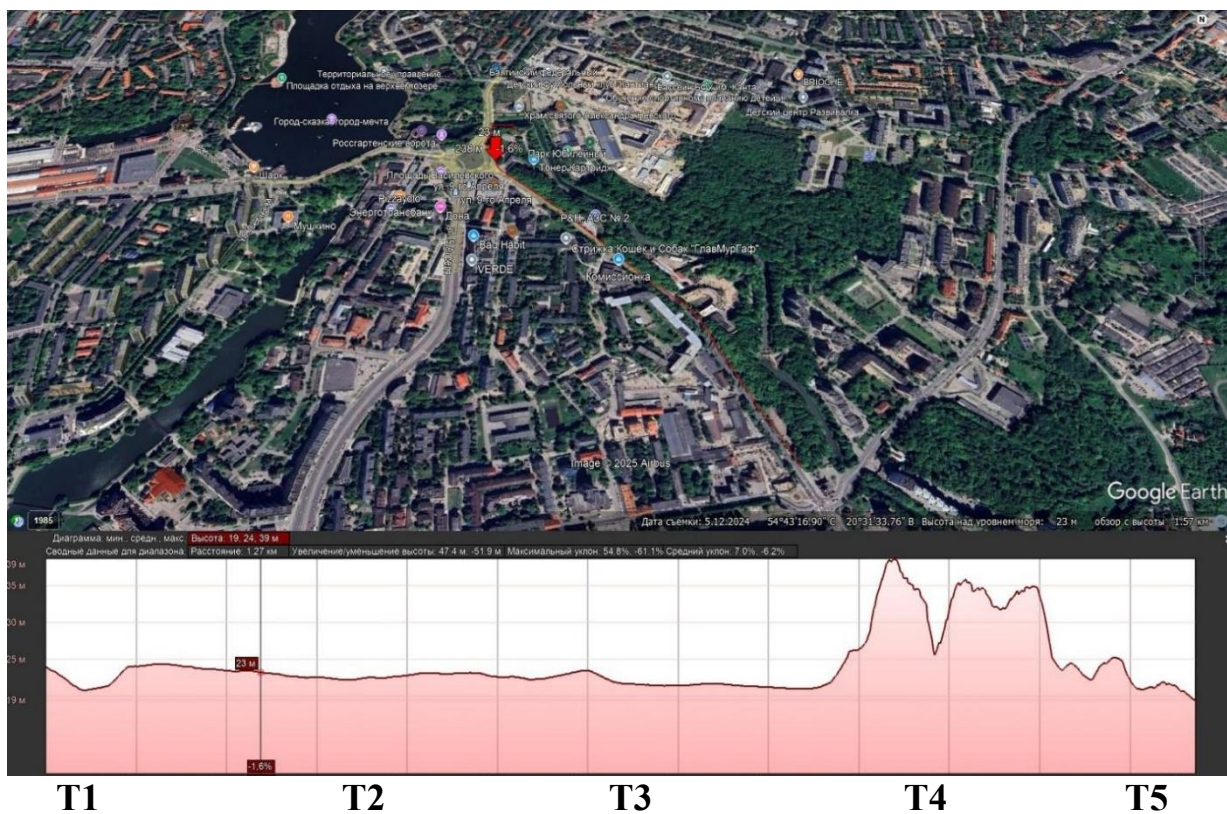


Рис. 4 Ключевая площадка №3 Литовский вал от Королевских ворот до Музея янтаря

Наблюдается комплексная зависимость радиационного фона от особенностей ландшафтной структуры в центральной части города Калининграда (Табл.3). Максимальные средние показатели радиации наблюдаются в промышленно-транспортной функциональной зоне - 0,22 мкЗв/ч, асфальтированное покрытие территории имеет средние показатели - 0,15 мкЗв/ч; трансаккумулятивное и аккумулятивное положение в рельефа имеет повышенные показатели - 0,26 мкЗв/ч.

Таблица 3.

Значения радиационного фона в связи с особенностями ландшафтной структуры

Особенности ландшафтной структуры	Значения, мкЗв/ч
Функциональные зоны	
- рекреации и отдыха	$\frac{0,08 - 0,18}{0,10}$
- селитебная	$\frac{0,10 - 0,22}{0,14}$
- промышленно-транспортная	$\frac{0,11 - 0,36}{0,22}$
Характер покрытия	
Грунт открытый	$\frac{0,10 - 0,19}{0,13}$

Грунт закрытый естественной и декоративной растительностью	$\frac{0,08 - 0,15}{0,12}$
Тротуарная плитка	$\frac{0,11 - 0,18}{0,15}$
Асфальт	$\frac{0,08 - 0,25}{0,15}$
Положение в рельефе	
Элювиальный	$\frac{0,07 - 0,20}{0,13}$
Трансэлювиальный	$\frac{0,07 - 0,22}{0,13}$
Трансаккумулятивный+аккумулятивный	$\frac{0,16 - 0,36}{0,26}$

3.4. Основные источники природного поступления радионуклидов в окружающую среду

В результате проведенного исследования можно предположить, что радиационный фон зависит от комплекса факторов:

Природных факторов - ландшафтная структура территории (климат, рельеф, структура почвы, уровень рН почвы);

Антропогенных факторов, действие усиливается в городах и промышленных территориях.

На ключевых площадках 2,3 с полностью преобразованными антропогенными ландшафтами сохраняются естественные пути миграции радионуклидов.

В результате проведенного исследования гипотеза, что в более низких местах рельефа на исследуемых участках уровень радиации значительно выше, чем на возвышенности, подтвердилась частично.

4. Выводы

1. На всех ключевых площадках исследования в центральной части города Калининграда значения радиационного фона в среднем составляет 0,14 мкЗв/ч. Повышение среднего значения до 0,36 мкЗв/ч отмечается вблизи с железной дорогой парка «Победы» и автомагистралями центральной части города Калининграда. На береговой зоне водоёмов в парке «Юность» и «Литовского вала» наблюдаются наименьшие значения от 0,07 до 0,09 мкЗв/ч.

2. На всех ключевых площадках исследования по гранулометрическому составу почв преобладают лёгкий и средний суглинок. Большинство почв центральной части города Калининграда имеют показатель рН от 6 до 6,5. Наблюдается закономерное увеличение показателя радиационного фона от 0,20 до 0,26 мкЗв/ч при увеличении показателя рН от 8 до 8,5. На Нижнем озере наблюдается увеличение показателя радиационного фона до 0,25 мкЗв/ч (почва - глина и тяжёлый суглинок).

3. Наблюдается комплексная зависимость радиационного фона от особенностей ландшафтной структуры в центральной части города Калининграда. Максимальные средние показатели радиации отмечены в промышленно-транспортной функциональной зоне - 0,22 мкЗв/ч, асфальтированное покрытие территории имеет средние показатели - 0,15 мкЗв/ч, трансаккумулятивное и аккумулятивное положение в рельефа имеет повышенные показатели - 0,26 мкЗв/ч.

4. Радиационный фон зависит от комплекса факторов: природных факторов - ландшафтной структуры территории; антропогенных факторов - в особенности в промышленно-транспортной функциональной зоне. На некоторых территориях ключевых площадок 2 и 3 с полностью преобразованными антропогенными ландшафтами, возможно сохраняются естественные пути миграции радионуклидов. Гипотеза подтвердилась частично.

Список использованных источников

1. Василенко О. И. Радиационная экология. - М.: Медицина, 2004. – 216 с.
2. География янтарного края России: по курсу «Региональная география Калининградской области»/ науч. ред. Орленок, В. В. - Калининград :Янтарный сках , 2004 - 414 с.
3. Длительные изменения концентрации радона в открытом воздухе равновесия эквивалент концентрация [Электронный ресурс] // Труды МКРЗ. URL: http://www.icrp.org/docs/P115_russian%20edition.pdf (дата обращения 5.02.2025).
4. Игнатов П.А., Верчеба А.А. Радиогеоэкология и проблемы радиационной безопасности. Москва: Инфолио, 2010. - 210 с.
5. Карта высот [Электронный ресурс] // Российский УКВ портал URL: <http://www.vhfdx.ru/karta-vyisot> (дата обращения 06.01.2025).
6. Левин, М.Н., Негрбов, О.П. Природный радиационный фон. Воронеж, ИПЦ ВГУ, 2008.- 52 с.
7. Новости Калининграда [Электронный ресурс] // Региональный портал Калининграда URL: <http://www.kaliningrad.tv> (дата обращения 4.02.2025).
8. "Радиация дозы, эффекты, риск" издательство Москва "Мир" перевод с английского Ю. А. Банникова, 1988. - С 31.
9. Саускан, В.И. Радиационная экология [Текст] /; Калинингр. гос. техн. ун-т. - Калининград: Изд-во КГТУ, 2010. - 163 с.
10. Саускан, В.И. Общая экология. Курс лекций. Учебное пособие - Калининград: КГТУ, 2023. -159 с.
11. Харченко М.А. Радиация невидимый убийца. -Москва: «Феникс», 2011. - 125 с.
12. Щеглов, А.И., Цветнова, О.Б. «Роль лесных экосистем при радиоактивном загрязнении», журнал «Природа» в 2021 г., №4, с. 23–32.

Сравнительные показатели механического состава почвы, кислотность почвы (рН), радиации почвы по ключевым площадкам г. Калининграда

№ точки исследования	Определение кислотности почвы, рН	Механический состав почвы	Показания радиации, тип покрытия «почва», мкЗв/ч
Ключевая площадка №1 Парк Калинина-парк Победы, мк Зв/ч			
1	6-6,5 нейтральные	Средний суглинок	0,07
2	6 близкие к нейтральным слабокислая	Легкий суглинок	0,14
3	6-6,5 нейтральные	Тяжёлый суглинок	0,16
4	7 близкая к щелочным	Супесчаная	0,22
5	6 близкие к нейтральным слабокислая	Средний суглинок	0,16
Ключевая площадка №2 Парк Юность - Нижнее озеро, мк Зв/ч			
1	6-6,5 нейтральные	Средний суглинок	0,18
2	7 близкая к щелочным	Тяжёлый суглинок	0,20
3	6 близкие к нейтральным слабокислая	Лёгкий, средний суглинок	0,07
4	7 близкая к щелочным	Лёгкий суглинок	0,20
5	7,5 щелочная	Глина	0,26
Ключевая площадка №3 Литовский вал от Королевских ворот до Музея янтаря, мк Зв/ч			
1	6-6,5 нейтральные	Средний суглинок	0,18
2	6 близкие к нейтральным слабокислая	Супесь, лёгкий суглинок	0,14
3	7 Близкая к щелочным	Тяжёлый суглинок	0,21
4	8 щелочная	глина	0,20
5	8-8,5	Глина, тяжёлый суглинок	0,24

Географические координаты мест отбора проб на радиацию,
 ВЫСОТА ПУНКТА, м

Название ключевой площадки	№ точки исследования	Н. м	Координаты
Ключевая площадка №1 Парк Калинина-парк Победы	1	17	54.719784, 20.475792
	2	15	54.718861, 20.478155
	3	8	54.716185, 20.476774
	4	13	54.712693, 20.488686
	5	8	54.711801, 20.488887
Ключевая площадка №2 Парк Юность - Нижнее озеро	1	23	54.729675, 20.517160
	2	24	54.728005, 20.514414
	3	27	54.721645, 20.517060
	4	18	54.716649, 20.519287
	5	16	54.713934, 20.516742
Ключевая площадка №3 Литовский вал от Королевских ворот до Музея янтаря	1	20	54.713933, 20.535732
	2	20	54.714349, 20.535235
	3	21	54.715673, 20.534568
	4	25	54.717158, 20.532944
	5	26	54.722586, 20.526122