



**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 электромагнитного загрязнения
городской среды в Калининском районе г. Санкт-
Петербурга**

Исполнитель **Лихарев Владимир Игоревич**

Руководитель **Кандидат биологических наук, доцент
Мухин Иван Андреевич**

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой

кандидат биологических наук, доцент
Мухин Иван Андреевич

«11» июня 2025 г.

Санкт-Петербург

2025

СОДЕРЖАНИЕ

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И СПЕЦИАЛЬНЫХ ТЕРМИНОВ	3
ВВЕДЕНИЕ	4
1. ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ, ЕГО ОСНОВНЫЕ ИСТОЧНИКИ И ОПАСНОСТИ ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ ЧЕЛОВЕКА	6
1.1 Экологическая опасность электромагнитного излучения	6
1.2 Естественные и искусственные источники электромагнитного излучения	11
1.3 Основные источники электромагнитного излучения в городских условиях	14
1.4 Опасность воздействия электромагнитного излучения на организм взрослого человека	15
1.5 Опасность воздействия электромагнитного излучения на организм детей	22
2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	25
2.1 Обоснование выбора района исследования.....	25
2.2 Выбор методов проведения исследований.....	35
2.3 Методика проведения измерений.....	36
3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ	38
3.1 Источники электромагнитного загрязнения Калининского района	38
3.2 Распространение электромагнитных полей по территории района.....	46
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	65
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	68

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И СПЕЦИАЛЬНЫХ ТЕРМИНОВ

1. **ВОЗ** – Всемирная организация здравоохранения
2. **ЭМИ** – электромагнитное излучение
3. **СВЧ** – сверхвысокочастотные
4. **КВ** – короткие волны
5. **УКВ** – ультракороткие волны
6. **ЛЭП** – линии электропередачи

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы определяется нарастающей потребностью обеспечения экологической безопасности, при этом одним из важнейших факторов является электромагнитная безопасность. Человек постоянно подвергается воздействию электромагнитных полей как естественного так и антропогенного происхождения [1].

С созданием и массовым внедрением высокотехнологичных устройств было установлено, что электромагнитное излучение (ЭМИ) оказывает значительное воздействие на человека. Эта проблема особенно актуальна для крупных городов, включая город Санкт–Петербург, в связи с высокой плотностью источников электромагнитных излучений и невозможности полностью исключить воздействие электромагнитных полей на население. Постоянное расширение городской инфраструктуры способствует повышению уровня электромагнитного загрязнения [2].

Вредное воздействие электромагнитного излучения на человеческий организм представляет собой одну из значимых проблем современности. Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) признала электромагнитное загрязнение окружающей среды одной из ключевых проблем наиболее густонаселённых регионах мира, интенсивность электромагнитных полей будет продолжать расти вместе с технологическим прогрессом[3]. Международный проект ВОЗ по электромагнитным полям (The International EMF Project), направлен на оценку воздействия электромагнитных полей различных частот на здоровье человека и окружающую среду. В рамках проекта проводится анализ научных данных, стимулирование исследований и разработка международных стандартов для ограничения воздействия электромагнитных полей (ЭМП) [4].

Международная комиссия по защите от неионизирующего излучения (International commission on non-ionizing radiation protection) разрабатывает научно обоснованные рекомендации по ограничению воздействия электромагнитных полей на человека и окружающую среду, сотрудничает с

ВОЗ и другими международными организациями для создания стандартов, обеспечивающих защиту здоровья населения [5].

В Российской Федерации учреждён Российский национальный комитет по защите от неионизирующих излучений – российская научная организация, основанная в 1997 году. Комитет разрабатывает методические рекомендации по снижению рисков и взаимодействует с международными структурами, играет ключевую роль в установлении стандартов электромагнитной безопасности на национальном уровне [6].

Данное исследование направлено на повышение осведомлённости об актуальной проблеме обеспечения электромагнитной безопасности населения.

Цель работы: проведение оценки уровней электромагнитного излучения от всех выявленных источников в Калининском районе Санкт-Петербурга и определение степени электромагнитного загрязнения окружающей среды и оценить возможное влияние этого воздействия на здоровье населения.

Задачи исследования:

1. Провести обзор научной литературы и нормативной документации, касающейся электромагнитного загрязнения городской среды и влияния электромагнитного излучения на здоровье человека.
2. Определить основные источники электромагнитного излучения в Калининском районе города Санкт-Петербурга.
3. Выполнить натурные измерения уровней электромагнитного излучения в различных точках Калининского района для получения объективных данных о степени загрязнения.
4. Провести обработку и анализ полученных результатов измерений.

Объект исследования: источники электромагнитного излучения расположенные в Калининском районе города Санкт-Петербурга.

Предмет исследования: уровень электромагнитного загрязнения в Калининском районе города Санкт-Петербурга.

1. ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ, ЕГО ОСНОВНЫЕ ИСТОЧНИКИ И ОПАСНОСТИ ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ ЧЕЛОВЕКА

1.1 Экологическая опасность электромагнитного излучения

Электрическое поле – форма материи, которая образуется вокруг электрических зарядов и создаётся ими. Оно воздействует на другие заряды, притягивая или отталкивая их. Изменяющиеся магнитные поля также создают электрическое поле.

Магнитное поле – область пространства, в которой движущиеся электрические заряды, токовые проводники и объекты с магнитным моментом испытывают силовое воздействие. Формируется под влиянием электрических токов, движущихся зарядов, магнитных моментов электронов в атомах, а также других заряженных частиц, постоянных магнитов и изменяющихся во времени электрических полей. Магнитное поле является одной из составляющих электромагнитного поля.

Электромагнитное поле – совокупность взаимосвязанных электрического и магнитного полей, через которую происходит взаимодействие между частицами с электрическим зарядом.

Электромагнитное излучение – поток волн электромагнитного спектра, исходящих от разнообразных источников: заряженных частиц, атомов, молекул. Данные волны взаимодействуют с живыми организмами на различных уровнях, причём характер воздействия определяется частотой, интенсивностью и продолжительностью излучения.

Электромагнитное взаимодействие отличается широтой проявлений. Все вещества состоят из заряженных частиц, именно электромагнитные силы играют ключевую роль в формировании их структуры и свойств [7].

Электромагнитные волны могут вызывать изменения в биологических структурах через следующие механизмы: Энергетическое воздействие – поглощение энергии ЭМИ может приводить к изменению молекулярных взаимодействий, что влияет на работу клеток и тканей. Воздействие на молекулы воды и ионы – переменные электромагнитные поля могут изменять движение заряженных частиц, влияя на биохимические процессы. Модуляция биологических сигналов – ЭМИ может изменять активность клеточных рецепторов, нейронные сигналы и процессы внутриклеточной регуляции.

Электромагнитное загрязнение является одним из факторов экологического риска, способным оказывать неблагоприятное воздействие на компоненты окружающей среды и живые организмы. Несмотря на то, что точные механизмы влияния электромагнитного излучения (ЭМИ) на биологические системы до конца не изучены, наибольшую чувствительность к нему демонстрируют клеточные мембраны.

Электромагнитное поле (ЭМП) начинает воздействовать на организмы с такого универсального компонента биосферы, как вода. Изменение её физических свойств под действием ЭМП может существенно влиять на скорость и характер биохимических реакций, происходящих в живых организмах.

Мембрана выступает ключевой мишенью для воздействия. Даже при низкоинтенсивном воздействии электромагнитного поля регистрируются структурные и функциональные модификации мембранных элементов, что способствует увеличению объема клетки и нарушению её нормального функционирования.

Даже слабые электромагнитные поля, находящиеся ниже теплового порога, могут изменять состояние биологических тканей, снижая их способность к восстановлению. Под действием переменных полей происходит нагрев ткани, на интенсивность которого влияет амплитуда поля, время

воздействия и анатомо-физиологические особенности организма. Особенно восприимчивы к такому нагреву центральная нервная система, почки, зрительные органы, а также мочевой и желчный пузыри.

Микроорганизмы демонстрируют высокую чувствительность к ЭМП: наблюдается снижение их двигательной активности, снижение выживаемости и увеличение смертности. В отдельных случаях фиксируются мутационные изменения, вызываемые облучением.

Растения реагируют на электромагнитное воздействие как слабой, так и высокой интенсивности, что проявляется в изменении темпов роста и репродуктивной функции. Зафиксированы морфологические изменения у растений, находящихся вблизи источников излучения, таких как линии электропередач (ЛЭП). Исследования на различных растениях — проростках гороха, алоэ, кактусе, картофеле и пшенице — свидетельствуют о потенциальных изменениях биомассы и структуры, несмотря на отсутствие потерь урожайности.

Фауна также подвержена влиянию ЭМП. Насекомые демонстрируют поведенческие изменения, включая дезориентацию, снижение скорости развития и увеличение агрессии. При этом часто наблюдается стремление к избеганию зон с высоким уровнем излучения, особенно в случае воздействия СВЧ-полей, способных вызывать летальный исход.

У животных наиболее выраженные последствия электромагнитного воздействия проявляются в нарушениях со стороны центральной нервной системы, обмена веществ, репродуктивной функции и эмбрионального развития. У самок лабораторных крыс наблюдаются нарушения внутриутробного и постнатального развития потомства, у самцов — снижение фертильности. У сельскохозяйственных животных, например свиней и коров, зафиксированы поведенческие реакции и увеличение числа патологий у новорождённых.

Орнитофауна также реагирует на ЭМИ: известно, что птицы избегают гнездования вблизи мощных источников излучения, таких как радиолокационные станции. Разнообразие ответов различных видов животных на воздействие ЭМП может способствовать изменению биологических сообществ, нарушению экосистемного баланса и, в долгосрочной перспективе, снижению устойчивости экосистем.[8]

Электромагнитное излучение взаимодействует с молекулами через ряд процессов, включая возбуждение электронов, разрушение химических связей и образование активных радикалов. В зависимости от частоты и энергии излучения возможны следующие эффекты: фотоэффект, разрушение молекулярных связей и образование свободных радикалов, что влечет изменение конфигурации биомолекул. Электромагнитное излучение (ЭМИ) оказывает разнообразное воздействие на биологические молекулы, вызывая ряд эффектов, которые могут иметь как положительные, так и отрицательные последствия для живых организмов. Например, ультрафиолетовые и рентгеновские лучи способны выбивать электроны из молекул, ионизируя их и изменяя химические свойства вещества. Этот процесс, известный как фотоэффект, может приводить к разрушению клеточных структур и нарушению их функций. Более того, высокоэнергетическое ЭМИ, такое как гамма-излучение, обладает способностью разрывать ковалентные связи между атомами в молекулах. Это явление может привести к повреждению ДНК, вызывая мутации и увеличивая риск развития раковых заболеваний. Взаимодействие ЭМИ с водой, содержащейся в клетках, также может иметь негативные последствия. В результате этого взаимодействия образуются свободные радикалы – активные формы кислорода, которые повреждают белки, липиды и нуклеиновые кислоты. Это окислительное повреждение может привести к различным патологическим состояниям, включая старение и развитие хронических заболеваний. Наконец, инфракрасное и микроволновое излучение способны вызывать колебания молекулярных

структур, изменяя их пространственную организацию. Это изменение конфигурации биомолекул может повлиять на их биологическую активность, нарушая нормальное функционирование клеток и тканей.

Воздействие электромагнитного излучения (ЭМИ) на живые организмы может приводить к ряду биологических эффектов, начиная с клеточного уровня и заканчивая изменениями в работе целых физиологических систем. В частности, ЭМИ способно модулировать клеточные функции, влияя на процессы роста, деления и дифференцировки клеток.

Кроме того, воздействие ЭМИ может оказывать влияние на физиологические системы организма. Например, могут наблюдаться изменения в работе нервной, эндокринной и сердечно-сосудистой систем. При длительном воздействии ЭМИ организм может запускать адаптационные механизмы, направленные на компенсацию и устойчивость к изменяющимся условиям.

Воздействие электромагнитного излучения (ЭМИ) на живые организмы может иметь как краткосрочные, так и долгосрочные последствия, включая модификацию генетической активности. В частности, ЭМИ способно вызывать изменения в экспрессии генов и эпигенетические перестройки, что потенциально может привести к долгосрочным изменениям в организме.

Кроме того, организм может активировать стрессовые реакции в ответ на воздействие ЭМИ, такие как антиоксидантные системы и репарация ДНК, чтобы защитить себя от потенциального вреда. Также, в зависимости от параметров ЭМИ, возможно изменение иммунной системы, проявляющееся как в усилении, так и в подавлении иммунных реакций.

Природные формы электромагнитного излучения также играют важную роль в жизни на Земле. Например, солнечное излучение стимулирует синтез витамина D, необходимого для здоровья костей, однако чрезмерное

воздействие ультрафиолетового излучения может вызвать мутации в клетках и увеличить риск развития рака кожи. Геомагнитное поле Земли, в свою очередь, влияет на ориентацию мигрирующих птиц и некоторых морских животных, помогая им ориентироваться во время длительных путешествий. Однако космическое излучение представляет потенциальную угрозу для астронавтов, находящихся за пределами защитной атмосферы Земли, и может вызывать повреждение ДНК и другие негативные последствия для здоровья.

1.2 Естественные и искусственные источники электромагнитного излучения

Электромагнитное излучение (ЭМИ) охватывает широкий спектр волн различной длины и энергии. Оно может быть как естественного, так и искусственного происхождения, оказывая различное влияние на окружающую среду и живые организмы.

1. Формы электромагнитного излучения

Электромагнитное излучение (ЭМИ) классифицируется на основании таких фундаментальных характеристик, как длина волны и частота. К основным формам ЭМИ относятся радиоволны, представляющие собой низкочастотный диапазон спектра и широко используемые в радиосвязи, телевизионном вещании и мобильных коммуникационных системах. Микроволны находят применение в телекоммуникационных технологиях, а также в бытовых приборах, например, в микроволновых печах, где их взаимодействие с молекулами воды используется для нагрева. Инфракрасное излучение испускается объектами, обладающими определенной температурой, и используется в тепловизионных устройствах для дистанционного определения температурных распределений, а также в медицинской диагностике для выявления температурных аномалий. Видимый свет представляет собой узкий спектральный диапазон ЭМИ, воспринимаемый зрительной системой человека и играющий ключевую роль в процессе фотосинтеза, обеспечивающем энергией большинство живых

организмов. Ультрафиолетовое излучение, источником которого является Солнце, способно индуцировать пигментацию кожи, однако избыточное воздействие может привести к повреждению клеточных структур. Рентгеновские лучи обладают способностью проникать через мягкие ткани и используются в медицине для диагностической визуализации внутренних органов и систем, но при высоких уровнях воздействия оказывают ионизирующее действие на биологические ткани. Гамма-излучение характеризуется высокой энергией и значительной проникающей способностью, что обуславливает его применение в ядерной медицине для терапевтических и диагностических целей, а также в различных научных исследованиях, включая стерилизацию медицинского оборудования и лучевую обработку материалов.

Природные источники ЭМИ:

В естественной среде электромагнитное излучение (ЭМИ) проявляется в разнообразных формах. Одним из ключевых источников ЭМИ на Земле является солнечное излучение, охватывающее широкий спектральный диапазон, включающий инфракрасное, видимое и ультрафиолетовое излучение, которые играют важнейшую роль в климатических процессах и поддержании жизни на планете. Атмосферные электрические разряды, такие как молнии, являются мощными генераторами радиоволн и могут сопровождаться кратковременными всплесками рентгеновского излучения. Космическое излучение, поступающее из внеземных источников, включая далекие галактики и другие астрофизические объекты, содержит высокоэнергетические формы ЭМИ, такие как гамма- и рентгеновские лучи, представляющие интерес для астрофизических исследований. Магнитное поле Земли, хотя само по себе не является ЭМИ, взаимодействует с потоками заряженных частиц солнечного ветра, направляя их к полюсам и вызывая зрелищное явление полярных сияний, сопровождающееся излучением в видимом спектре.

Источники электромагнитных излучений. Источники электромагнитного излучения принято разделять на две группы: естественные (природные) и искусственные (техногенные). К естественным относятся излучения от природных объектов, находящихся в пределах Земли, и излучения из космоса. К искусственным источникам относятся объекты, появившиеся в результате деятельности человека. Излучения от искусственных источников различны по частоте и мощности сигналов и могут существенно отличаться от естественных, привычных для живых организмов в их среде обитания. Уровни их излучения могут в разы превышать естественный фон среды обитания. Поэтому в связи с развитием информационных технологий, телекоммуникаций, беспроводной сотовой связи возникают задачи защиты человека от электромагнитного воздействия [9].

Формирование электромагнитного поля в городе происходит за счет техногенных источников, которые делятся на низкочастотные (диапазон до 3 кГц) и высокочастотные (диапазон 3 кГц – 300 ГГц). Системы передачи электроэнергии (ЛЭП, трансформаторные подстанции), бытовая и офисная техника, а также электрифицированный транспорт (железнодорожный, метро, троллейбусы, трамваи) составляют группу низкочастотных источников. Весомый вклад в создание низкочастотного ЭМП в условиях городской застройки вносит именно транспортный сектор [10].

Помимо прочих негативных факторов, движение транспорта генерирует электромагнитные волны, создающие нежелательные помехи теле- и радиосигналам и оказывающие пагубное влияние на человеческий организм. Особенно мощным источником магнитного поля (в диапазоне частот до тысячи герц) выступает транспорт на электротяге. Ко второй категории источников данного излучения принадлежат передающие устройства систем беспроводной связи – теле- и радиовещания, спутниковой и навигационной связи, локационных систем и прочих, предназначенных для информационного обмена. [11].

К этой группе относятся также сверхвысокочастотные (СВЧ) источники, имеющие переменные и импульсные поля, бытовое оборудование (СВЧ–печи), мониторы на электронно–лучевых трубках и другие. Все перечисленные источники в большей или меньшей мере оказывают влияние на организм человека [12].

1.3 Основные источники электромагнитного излучения в городских условиях

Электромагнитное поле (ЭМП) окружает нас повсюду, и источники его могут быть как за пределами зданий, так и внутри помещений. Внешние источники включают в себя системы сотовой и транкинговой связи, работающие в диапазонах частот от 450 МГц до 2100 МГц, и радиорелейную связь, диапазон частот которой составляет от 0,3 до 30 ГГц. Спутниковая связь также генерирует ЭМП в частотах от 1,5 до 30 ГГц. Любительская радиосвязь (КВ и УКВ) представляет собой маломощные источники с диапазоном частот от 150 кГц до 1 ГГц, а радиосвязь на транспорте использует диапазон от 30 кГц до 3 ГГц. Железнодорожная радиосвязь, например, может иметь мощность до 8 Вт и радиус действия 5–10 километров [13].

Телевещание работает в частотах от 30 МГц до 3 ГГц, а радио– и телевещание, являясь мощными источниками, охватывают диапазон от 30 кГц до 3 ГГц. Радиолокационные станции и радары создают излучение в широчайшем диапазоне частот – от 3 МГц до 110 ГГц. На транспорте с электроприводом, таком как метро, трамваи и троллейбусы, основными источниками ЭМП являются электродвигатели, создающие мощные магнитные поля в диапазоне до 1000 Гц, а плотность магнитной индукции в электричках может достигать 75 мкТл. Высоковольтные линии электропередачи (ЛЭП) с напряжением до 1000 кВ за городом и 220 кВ в городской черте генерируют ЭМП на частоте 50 Гц. Городские линии освещения и энергетические системы, такие как трансформаторные и распределительные подстанции, также создают излучение на этой частоте,

причем напряжение за городом может достигать 750 кВ. Электростанции (Гидроэлектростанции, атомные электростанции, тепловые электростанции) являются еще одним источником ЭМП, где его параметры зависят от используемого оборудования.

Внутри зданий источниками ЭМП выступают электробытовые приборы, такие как микроволновые печи, холодильники и кофеварки, с диапазоном частот от 20 Гц до 1 ГГц. Сотовые телефоны излучают в диапазонах 450 МГц, 900 МГц, 1800 МГц и 2100 МГц, а устройства, использующие Wi-Fi и Bluetooth, работают в частотах от 2,4 до 5,2 ГГц. Радиотелефоны создают излучение на частоте 1000 МГц, а мониторы и телевизоры на электронно-лучевых трубках излучают в диапазоне от 20 Гц до 1 ГГц. Электропитание промышленного оборудования, медицинские терапевтические и диагностические установки, а также технологическое оборудование со сверхвысококачественным излучением формируют ЭМП на частотах от 50 Гц до 30 ГГц. Персональные компьютеры работают в диапазоне от 50 Гц до 1000 МГц. Домашняя электросеть и электропроводка, как и электрошты, генерируют излучение на частоте 50 Гц.

Эти источники ЭМП, присутствующие повсюду, требуют внимательного излучения и оценки их влияния на человека и окружающую среду [14].

1.4 Опасность воздействия электромагнитного излучения на организм взрослого человека

Интенсивное использование электрической энергии привело к электромагнитному загрязнению окружающей среды. Один из наиболее распространенных возбудителей электромагнитного поля (ЭМП) являются линии электропередачи (ЛЭП). Исследования биологического воздействия ЭМП обнаружили неблагоприятное влияние на нервную систему человека, что ведет к нарушению эндокринного аппарата и обмена веществ в организме

(меди, цинка, железа, кобальта), нарушается ритм сердечных сокращений, уровень кровяного давления, активность мозга [15].

Воздействие электромагнитных полей (ЭМП) вызывает серьёзную озабоченность среди исследователей. Многие научные публикации указывают на потенциальную связь между влиянием ЭМП на организм человека и развитие злокачественных опухолей, негативным влиянием на сердечно-сосудистую, эндокринную и нервную системы.

Зафиксирован рост количества случаев онкологии и лейкоза у совершеннолетних и несовершеннолетних граждан, проживающих в непосредственной близости от высоковольтных линий электропередач или мощных радиопередающих устройств. Электромагнитные поля могут способствовать возникновению болезней Альцгеймера и Паркинсона. Также обсуждается их роль в появлении осложнений при беременности и врожденных пороков у новорожденных.

По данным Роспотребнадзор около одного миллиона жителей России испытывают воздействие ЭМП, превышающих установленные нормативы.

Для минимизации отрицательных последствий требуется оперативное внедрение защитных мер. Необходимым условием является организация систематического мониторинга и прогнозирования интенсивности электромагнитных полей.

Многочисленные исследования обнаружили взаимосвязь. Длительность контакта с электромагнитным излучением коррелирует с развитием различных патологий. В одном аналитическом обзоре указывается на повышенную встречаемость лейкозов. Также отмечается рост злокачественных новообразований центральной нервной системы. Эти проблемы наблюдаются у несовершеннолетних, подвергавшихся влиянию ЭМП.

Существует гипотеза о формировании свободных радикалов. Их образование провоцируется электромагнитными полями. Данный процесс

способен вызывать повреждения генетического материала. Нарушения могут доходить до разрывов цепочек ДНК.

Описывают три вероятных механизма воздействия. Электромагнитные волны потенциально влияют на состояние генетической системы организма. В конечном итоге это отражается на здоровье человека. Первый механизм – уничтожение клеток (цитотоксикоз). Второй механизм – появление генетических либо хромосомных мутаций. Третий путь – модификация экспрессии генетической информации.

Изменения происходят на разных этапах. На стадии транскрипции может блокироваться или активироваться считывание определенных участков генома. На трансляционном уровне стабилизируются или дестабилизируются генетические сообщения. На посттрансляционном уровне изменяется конечный продукт гена – белок. Эти воздействия способны приводить к разнообразным болезням.

Третий механизм обладает важными особенностями. В отличие от первых двух, он носит необратимый характер. Для его проявления необходимо многократное облучение. Данный процесс характеризуется пороговым эффектом и сложными биохимическими путями реализации.

В итоге, электромагнитное излучение выступает как эпигенетический агент. Оно вызывает в клетках один из четырех основных результатов. Возможно изменение скорости роста и процессов деления. Иногда возникают сбои в специализации клеток. Другой исход – запуск программируемой клеточной гибели (апоптоза). Также наблюдаются адаптивные реакции уже дифференцированных клеток [16].

Научные обзоры поднимают вопрос о рисках для человека. Рассматриваются различные устройства, включая домашнюю технику. Указываются четыре ключевых фактора, вызывающих изменения в самочувствии. Первый фактор – отклонения гематологических показателей. Второй фактор – модификации хромосомного аппарата лейкоцитов. Третий

фактор – учащение неблагоприятных исходов беременности. Четвертый фактор – повышенная распространенность онкологических патологий.

Много эпидемиологических изысканий изучают взаимосвязь. Исследуется корреляция между электромагнитным облучением и конкретными недугами. Частота развития онкозаболеваний зависит от уровня ЭМИ. Показатель заболеваемости среди персонала, работающего с установками повышенного излучения, составил 119 случаев на 100 000 человек. Для сравнения, среди остального населения этот параметр равен 57 на 100 000 [17].

Особенно заметны различия среди молодых пациентов. Речь идет о лицах со злокачественными новообразованиями кроветворной и лимфатической систем. Наиболее выраженная разница между подвергавшимися и не подвергавшимися воздействию группами наблюдается при лейкемии и лимфоме. Эти болезни затрагивают иммунокомпетентные клетки [18].

Наблюдаются также сдвиги состава периферической крови. Эти сдвиги проявляются неустойчивостью показателей. В дальнейшем формируется умеренная лейкопения, нейтропения и эритроцитопения. Костномозговые изменения характеризуются реактивным компенсаторным напряжением регенераторных процессов. Обычно подобные нарушения фиксируются у тех, чья профессиональная деятельность связана с постоянным влиянием высокоинтенсивного электромагнитного излучения.

Люди, взаимодействующие с магнитным и электромагнитным полями, сообщают о повышенной нервозности. Спустя 1–3 года у отдельных лиц возникает ощущение внутреннего беспокойства. У них появляется суетливость, ухудшается концентрация, снижается качество памяти, возникают претензии на недостаточную эффективность отдыха ночью. Отмечается повышенная усталость. Электромагнитное поле оказывает существенное воздействие на нервную систему. Эта система относится к особо восприимчивым структурам человеческого организма. Под влиянием поля

фиксируются перемены высшей нервной деятельности. Это может выражаться в ухудшении запоминания у подвергающихся воздействию лиц. Кроме того, возрастает предрасположенность к возникновению стрессовых реакций. Электромагнитное поле способно изменять проницаемость гематоэнцефалического барьера. Подобные изменения потенциально способны приводить к трудно прогнозируемым неблагоприятным эффектам. Особое внимание следует уделить тому, что нервная система эмбриона обладает повышенной чувствительностью к воздействию электромагнитных полей.

Что касается иммунной системы, её функционирование также подвергается влиянию электромагнитного поля. У человека это проявляется в нарушении процессов иммуногенеза, чаще всего в виде их угнетения. Влияние на эндокринную систему и нейрогуморальную реакцию. При воздействии электромагнитного поля ведущее место отводилось изменениям в гипофизнадпочечниковой системе. Было признано, что одной из систем, рано и закономерно вовлекающей в ответную реакцию организма на воздействие различных факторов внешней среды, является система гипоталамусгипофиз – кора надпочечников [19].

Влияние на половую функцию. Нарушения половой функции обычно связаны с изменением ее регуляции со стороны нервной и нейроэндокринной систем. Многократное облучение электромагнитным полем вызывает понижение активности гипофиза. Наличие контакта женщин с электромагнитным излучением может привести к преждевременным родам, повлиять на развитие плода и, наконец, увеличить риск развития врожденных уродств [20].

К группам населения, особенно подверженным риску облучения этим видом излучения, относятся беременные женщины, дети, лица с имплантированными медицинскими приборами, чувствительные к электромагнитному излучению и также пожилые люди [20].

Кроме того, миллиметровые и субмиллиметровые волны оказывают уникальное воздействие на здоровье человека. Потовые протоки внутри нашей кожи, самого большого органа в человеческом теле, действуют как антенны при контакте с электромагнитными волнами. Волны проникают через 1–2 мм ткани кожи человека, а также поглощаются поверхностными слоями роговицы глаза. Растения и животные также страдают от беспроводного излучения [22].

Исследования показали, что электромагнитное излучение от мобильных телефонов повреждает деревья [23].

Интенсивное использование электрической энергии привело к электромагнитному загрязнению окружающей среды. Один из наиболее распространенных возбудителей электромагнитного поля (ЭМП) являются линии электропередачи (ЛЭП). Исследования биологического воздействия ЭМП обнаружили неблагоприятное влияние на нервную систему человека, что ведет к нарушению эндокринного аппарата и обмена веществ в организме (меди, цинка, железа, кобальта), нарушается ритм сердечных сокращений, уровень кровяного давления, активность мозга и т. д.

Электромагнитные излучения оказывают вредное воздействие на организм человека. В крови, являющейся электролитом, под влиянием электромагнитных излучений возникают ионные токи, вызывающие нагрев тканей. Нагрев особенно опасен для органов со слаборазвитой сосудистой системой с неинтенсивным кровообращением. Также электромагнитные излучения оказывают неблагоприятное влияние на нервную и сердечнососудистую системы, на обмен веществ. Степень биологического воздействия электромагнитных полей на организм человека зависит от частоты колебаний, напряженности и интенсивности поля, длительности его воздействия [24].

Радиочастотное микроволновое излучение, используемое в ранее выпускавшихся мобильных телефонах и других беспроводных устройствах, было классифицировано в 2011 г. Международным агентством по

исследованию рака (ВОЗ) как "возможный канцероген для человека" (группа 2В).

Представленные нормативные документы регламентируют различные аспекты воздействия электромагнитных излучений на человека в рабочей среде и в среде обитания.

СанПиН 2.2.12.1.1.1200-03. Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов.

В целях защиты населения от воздействия электрического поля, создаваемого воздушными линиями электропередачи (ВЛ), устанавливаются санитарные разрывы. Санитарный разрыв ВЛ устанавливается на территории вдоль трассы высоковольтной линии, в которой напряженность электрического поля превышает 1 кВ/м.

Для вновь проектируемых ВЛ, а также зданий и сооружений допускается принимать границы санитарных разрывов вдоль трассы ВЛ с горизонтальным расположением проводов и без средств снижения напряженности электрического поля по обе стороны от нее на следующих расстояниях от проекции на землю крайних фазных проводов в направлении, перпендикулярном к ВЛ:

- 20 м - для ВЛ напряжением 330 кВ;
- 30 м - для ВЛ напряжением 500 кВ;
- 40 м - для ВЛ напряжением 750 кВ;
- 55 м - для ВЛ напряжением 1150 кВ [25].

ГОСТ 12.1.006-84 распространяется на электромагнитные поля диапазона частот 60 кГц - 300 ГГц. Стандарт регламентирует предельно допустимые уровни ЭМП на рабочих местах для сотрудников, осуществляющего работы с источниками ЭМП, и требования к процедурам контроля. Стандарт не распространяется на случаи кратковременных эпизодических воздействий ЭМП с общей продолжительностью не более 15 мин в неделю. В стандарте используются четыре показателя: напряжённость электрического поля (E), В/м; напряжённость магнитного поля (H), А/м;

плотность потока энергии, Вт/м²; энергетическая нагрузка. Измерения напряжённости и плотности потока энергии ЭМП следует проводить не реже одного раза в год и в следующих случаях: ввод в действие новых электроустановок; внесение изменений в конструкцию, размещение или режим работы действующих электроустановок; после проведения ремонтных работ; при организации новых рабочих мест или внесение изменений в средства защиты от ЭМП. Измерения следует выполнять при наибольшей используемой мощности источника ЭМП, измерения проводятся на нескольких уровнях от поверхности пола на расстоянии соответствующему нахождению сотрудника, в каждой точке проводят не менее трёх измерений, во время проведения измерений сотрудники не должны находиться в зоне измерений [26].

1.5 Опасность воздействия электромагнитного излучения на организм детей

Наибольшую опасность электромагнитные поля (ЭМП) представляют для беременных женщин и детей, так как еще не до конца сформировавшийся детский организм особенно чувствителен к их воздействию [27].

Электромагнитные поля радиочастотного диапазона представляют собой антропогенный фактор окружающей среды, который оказывает существенное влияние на здоровье человека. С одной стороны, технологии, основанные на использовании этих полей, обеспечили общество широким спектром удобных сервисов, значительно упростивших решение множества задач с минимальными временными затратами. Однако, с другой стороны, постоянный и часто неконтролируемый характер воздействия таких полей вызывает обоснованные опасения относительно их потенциального негативного влияния на здоровье, особенно у наиболее уязвимых групп населения, таких как дети и подростки.

В настоящее время молодое поколение является активным пользователем мобильных устройств. Если ранее использование мобильных телефонов в раннем возрасте было редкостью, то сегодня наблюдается массовое распространение подобных практик: многие дети начинают взаимодействовать со смартфонами и планшетами уже в возрасте до двух лет. Эти изменения в образе жизни подрастающего поколения требуют всестороннего анализа возможных негативных последствий.

Большая часть исследований, посвящённых излучению влияния радиочастотных электромагнитных полей на здоровье детей и подростков, была проведена в период активного развития мобильной связи (2G–4G). С переходом к новым поколениям устройств, включая 5G, расширился круг органов и систем, потенциально подверженных воздействию. В частности, отмечаются риски для головного мозга, половой и эндокринной систем, а также кожных покровов и зрительного анализатора.

Анализ существующих данных свидетельствует о том, что наиболее часто наблюдаемыми последствиями воздействия радиочастотных полей являются проявления астенического синдрома. Этот синдром характеризуется такими симптомами, как головные боли, раздражительность, утомляемость, нарушения сна, а также периодические боли в суставах и сердце. Несмотря на отсутствие единой классификации и чёткого понимания механизмов его развития, именно эти проявления наиболее часто регистрируются у детей и подростков при регулярном использовании мобильных устройств.

Особое внимание уделяется подростковому возрасту, где влияние радиочастотных полей наиболее выражено. Использование телефонов в ночное время связано с ухудшением качества сна, увеличением частоты ночных пробуждений и нарушением режима сна и бодрствования. У подростков, которые проводят более пяти часов в день за использованием гаджетов, отмечается более высокая частота нарушений сна, головных болей, головокружений и общей утомляемости. При этом наблюдаются половые различия в чувствительности: девочки чаще жалуются на трудности с

засыпанием и общую усталость, тогда как мальчики чаще отмечают головные боли.

Помимо соматических нарушений, значительную обеспокоенность вызывает психическое состояние молодёжи. Установлена связь между интенсивным использованием мобильных телефонов и ростом уровня тревожности, депрессивных симптомов, стрессовых состояний и признаков психической дезадаптации. Отмечено, что чрезмерное использование гаджетов, особенно перед сном, может ассоциироваться с появлением суицидальных мыслей и признаков зависимости.

Кроме того, у детей и подростков часто регистрируются жалобы на ухудшение памяти и внимания [28].

2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Обоснование выбора района исследования

В Калининском районе Санкт–Петербурга обеспеченность населения зелёными насаждениями составляет 8,22 м² на человека, при общей площади зелёных насаждений 4 208 129 м² и численности зарегистрированных жителей 512 182 человека (по состоянию на 1 января 2022 года). Согласно СП 42.13330.2011 «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений», нормативная обеспеченность населения зелёными насаждениями составляет не менее 16 м² на человека. Таким образом, данный район испытывает дефицит озеленённых территорий.

Калининский район характеризуется высокой плотностью населения – 127,47 человека на гектар, что превышает порог в 100 человек на гектар, обозначающий высокий уровень плотности. Высокоплотные и неблагоприятные районы в Санкт–Петербурге, как правило, располагаются вблизи центра города. К ним относятся Василеостровский район, значительная часть Приморского и Петроградского районов, северные части Кировского, Московского, Фрунзенского и Невского районов, центральная часть Красногвардейского района, юг Калининского района, а также южная часть Выборгского района.

Крайне неблагоприятные территории сконцентрированы в центре города – это Адмиралтейский и Центральный районы, а также отдельные части юга Калининского района, юго–запада Красногвардейского и севера Кировского района [29].

Калининский район расположен в северной части Петербурга (Рисунок 2.1), восточнее Выборгского. Образовавшийся в 1936 году, в 1946–м получивший свое название и утвердившийся в нынешних границах в 1973–м, район занимает правобережный участок приневской низины.

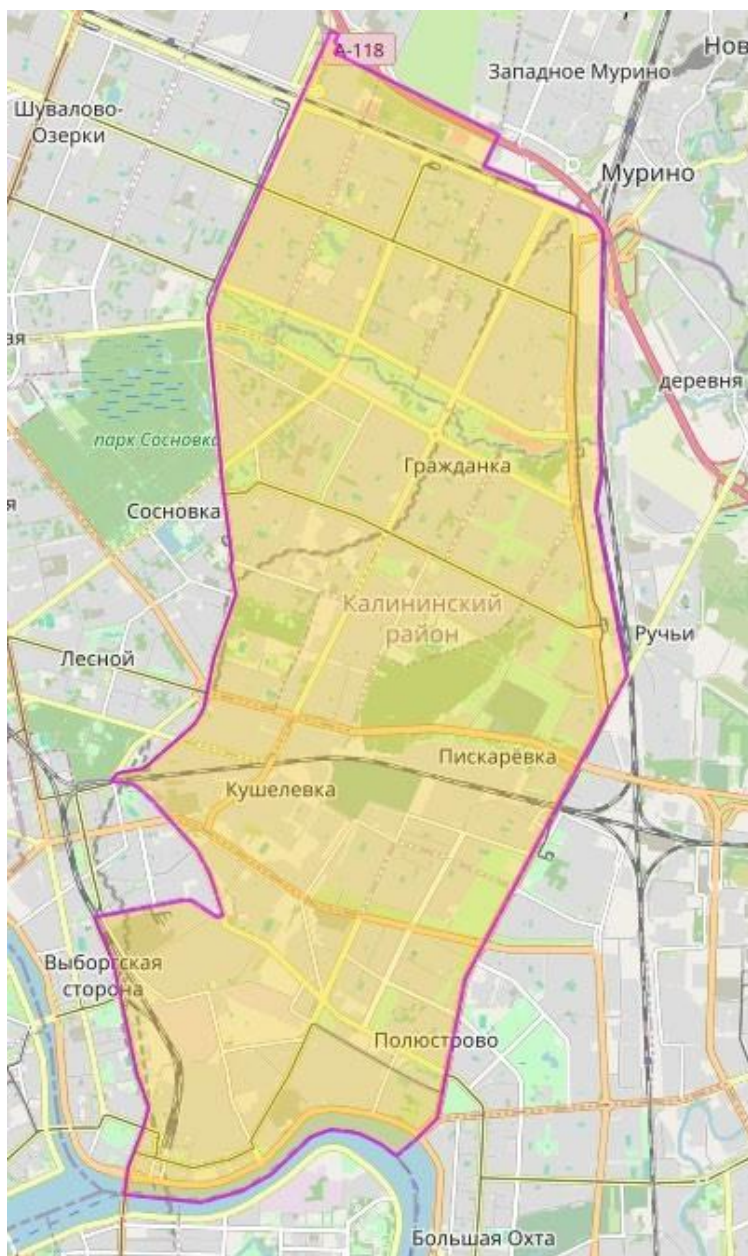


Рисунок 2.1 – Карта Калининского района

Общая площадь Калининского района составляет 4 тыс. га. Территория района включает 83 улицы и проспекта, занимающие суммарную площадь 369 га. Зеленые насаждения занимают 1901 га. Район отличается развитой инфраструктурой.

Северная граница:

Калининский район соседствует со Всеволожским районом. Разделительная линия движется к югу по западной межевой линии владений АО «Бутры». Она достигает автомагистрали Мурино–промзона «Парнас». Затем рубеж поворачивает к востоку. Он следует по северной окраине этой

магистрالی. Граница доходит до западной межи земель АКХ «Ручьи». Далее раздел направляется к югу. Он подходит к северному краю территории отчуждения железнодорожной ветки Санкт-Петербург–Выборг. Затем линия проходит вдоль этой территории. Она достигает железнодорожного пути Санкт-Петербург–Приозерск. После пересечения путей граница движется к югу 250 метров. Она доходит до линии улицы Центральной. Затем раздел поворачивает на северо-запад. Он пролегает вдоль оси этой артерии. Граница завершается на стыке с западным краем территории отчуждения железнодорожной ветки Санкт-Петербург–Приозерск.

Восточным соседом выступает Красногвардейский район. Разделительная черта начинается от оси улицы Центральной. Она пролегает к югу по западному краю полосы отчуждения железнодорожной ветки Санкт-Петербург–Приозерск. Затем рубеж поворачивает на юго-запад. Он проходит вдоль оси Пискаревского проспекта. Граница завершается на оси водной артерии Невы.

Южная сторона района граничит с Центральным районом. Разделительная линия проходит строго по оси реки Невы.

Западным соседом является Выборгский район. Разделительная черта стартует от оси водной артерии Невы. Она направляется к северу по оси Литейного путепровода. Затем линия пролегает вдоль оси улицы Академика Лебедева. Далее граница движется по оси Лесного проспекта. Затем рубеж поворачивает к востоку и юго-востоку. Он проходит вдоль оси улицы Литовской. После этого раздел направляется к северу. Он следует по оси Полюстровского проспекта. Затем граница проходит по оси улицы Карбышева. Далее линия пролегает вдоль оси улицы Политехнической. Затем она движется по оси Тихорецкого проспекта. Рубеж продолжается по оси проспекта Культуры. Затем граница пересекает железнодорожную ветку Ручьи–Парголово. Она протягивается до межи со Всеволожским районом Ленинградской области.

Для измерений были выбраны следующие станции наблюдений:

Станция № 1 – Пешеходный переход на пересечении Ключевой улицы и улицы Замшина. 80 метров от ЛЭП 330 кВ.

Станция № 2 – Пешеходный переход на пересечении проспекта Маршала Блюхера и Замшина улицы. 65 метров от ЛЭП 330 кВ.

Станция № 3 – Зелёная зона, ограниченная улицами Замшина, Кондратьевский проспект и проспект Маршала Блюхера. 25 метров от ЛЭП 330 кВ.

Станция №4 – Зелёная зона, ограниченная улицами Замшина, Кондратьевский проспект и проспект Маршала Блюхера. 5 метров от ЛЭП 330 кВ.

Станция № 5 – Зелёная зона, ограниченная улицами Замшина, Кондратьевский проспект и проспект Маршала Блюхера. 10 метров от ЛЭП 330 кВ.

Станция № 6 – Зелёная зона, ограниченная улицами Замшина, Кондратьевский проспект и проспект Маршала Блюхера. 50 метров от ЛЭП 330 кВ.

Станция № 7 – Проспект Маршала Блюхера 75к2 у входа в магазины. 80 метров от ЛЭП 330 кВ.

Станция № 8 – Детская площадка во дворе проспекта Маршала Блюхера 75к1. 80 метров от ЛЭП 330 кВ.

Станция № 9 – Остановка общественного транспорта «проспект Маршала Блюхера, угол Кондратьевского проспекта». 70 метров от ЛЭП 330 кВ и 10 метров от троллейбусных путей.

Станция № 10 – Остановка общественного транспорта «Кондратьевский проспект, 62». 35 метров от ЛЭП 330 кВ и 10 метров до троллейбусных путей.

Станция № 11 – Вход в магазины дома Кондратьевский проспект, 62к1. 35 метров от ЛЭП 330 кВ и 30 метров до троллейбусных путей.

Станция № 12 – Кондратьевский проспект, 62к1. 135 метров от ЛЭП 330 кВ и 30 метров до троллейбусных путей.

Станция № 13 – Кондратьевский проспект, 62к1. 75 метров от ЛЭП 330 кВ и 30 метров до троллейбусных путей.

Станция № 14 – Кондратьевский проспект. 5 метров от ЛЭП 330 кВ и 30 метров до троллейбусных путей.

Станция № 15 – Кондратьевский проспект. 30 метров от ЛЭП 330 кВ и 30 метров до троллейбусных путей.

Станция № 16 – Остановка общественного транспорта «Проспект Маршала Блюхера / Кондратьевский проспект». 40 метров от ЛЭП 330 кВ и 5 метров до троллейбусных путей.

Станция № 17 – Остановка общественного транспорта «Кондратьевский проспект». 75 метров от ЛЭП 330 кВ и 35 метров до троллейбусных путей.

Станция № 18 – Кондратьевский проспект, 60/19. 10 метров до троллейбусных путей.

Станция № 19 – Строительство ЖК «Б15». 30 метров от ЛЭП 330 кВ и 30 метров до троллейбусных путей.

Станция № 20 – Остановка общественного транспорта «Лабораторный проспект / Лабораторная улица». 8 метров до троллейбусных путей.

Станция № 21 – Остановка общественного транспорта «Лабораторная улица». 50 метров от ЛЭП 330 кВ.

Станция № 22 – Остановка общественного транспорта «Лабораторный проспект / проспект Маршала Блюхера». 20 метров от ЛЭП 330 кВ и 10 метров до троллейбусных путей.

Станция № 23 – Остановка общественного транспорта «проспект Маршала Блюхера». 40 метров от ЛЭП 330 кВ.

Станция № 24 – Остановка общественного транспорта «Проспект Маршала Блюхера, 12», чётная сторона. 60 метров от ЛЭП 330 кВ и 10 метров до троллейбусных путей.

Станция № 25 – Остановка общественного транспорта «Проспект Маршала Блюхера, 12» нечётная сторона. 30 метров от ЛЭП 330 кВ и 10 метров до троллейбусных путей.

Станция № 26 – Лицей № 179. 40 метров от ЛЭП 330 кВ и 80 метров до троллейбусных путей.

Станция № 27 – Остановка общественного транспорта «Кушелевская дорога». 30 метров от ЛЭП 330 кВ и 10 метров до троллейбусных путей.

Станция № 28 – Сосновская подстанция, со стороны улица Рериха.

Станция № 29 – Сосновская подстанция, со стороны проспекта Науки.

Станция № 30 – Вавиловский сквер. 10 метров от ЛЭП 110 кВ.

Станция № 31 – Улица Вавиловых. 35 метров от ЛЭП 110 кВ.

Станция № 32 – Остановка общественного транспорта «Проспект Науки / Улица Вавиловых». 40 метров от ЛЭП 110 кВ.

Станция № 33 – Улица Вавиловых, 13к1, вход в магазин. 50 метров от ЛЭП 110 кВ.

Станция № 34 – Улица Вавиловых, 13к1, вход в магазин. 40 метров от ЛЭП 110 кВ.

Станция № 35 – Городская больница Святой преподобномученицы Елизаветы. 5 метров от ЛЭП 110 кВ.

Станция № 36 – Улица Рериха. 80 метров от подстанции Сосновская.

Станция № 37 – Остановка общественного транспорта «Улица Вавиловых, 11». 40 метров от ЛЭП 110 кВ.

Станция № 38 – Муринский парк. 45 метров от ЛЭП 110 кВ и 40 метров доподстанции Гражданская.

Станция № 39 – Муринский парк. 40 метров от ЛЭП 110 кВ и 45 метров доподстанции Гражданская.

Станция № 40 – Муринский парк. 5 метров от ЛЭП 110 кВ.

Станция № 41 – Муринский парк, парковка спортивного комплекса Nova Arena. Под ЛЭП.

Станция № 42 – Муринский парк. 35 метров от ЛЭП 110 кВ.

Станция № 43 – Остановка общественного транспорта «Замшина улица / Проспект Маршала Блюхера». 45 метров от ЛЭП 110 кВ.

Станция № 44 – Парк Академика Сахарова. 70 метров от ЛЭП 330 кВ и 70 метров до троллейбусных путей.

Станция № 45 – Проспект Маршала Блюхера. 20 метров от ЛЭП 330 кВ.

Станция № 46 – Улица Гидротехников. 45 метров от трамвайных путей и 70 метров до троллейбусных путей.

Станция № 47 – Остановка общественного транспорта «Тихорецкий проспект». 25 метров от ЛЭП.

Станция № 48 – Северный проспект. 100 метров от ЛЭП.

Станция № 49 – Муринский парк 20 метров от ЛЭП.

Станция № 50 – Остановка общественного транспорта «Елизаветинская больница», чётная сторона. 50 метров от ЛЭП.

Станция № 51 – Остановка общественного транспорта «Елизаветинская больница», нечётная сторона. 80 метров от ЛЭП.

Станция № 52 – Северный проспект. 80 метров от ЛЭП.

Станция № 53 – Остановка общественного транспорта «Улица Вавиловых». 25 метров от ЛЭП 110 кВ.

Станция № 54 – Остановка общественного транспорта «Северный проспект». 4 метров от ЛЭП 110 кВ.

Станция № 55 – улица Вавиловых, 19, вход в магазин. 55 метров от ЛЭП 110 кВ.

Станция № 56 – Остановка общественного транспорта «Улица Вавиловых / Северный проспект». 70 метров от ЛЭП 110 кВ.

Станция № 57 – Остановка общественного транспорта «Северный проспект, 65». 70 метров от ЛЭП 110 кВ.

Станция № 58 – Муринский парк, вход в банкетный зал «Трибуна». 30 метров от ЛЭП 110 кВ.

Станция № 59 – Остановка общественного транспорта «Гражданский проспект». 45 метров от ЛЭП 110 кВ и 35 метров до троллейбусных путей.

Станция № 60 – Остановка общественного транспорта «Гражданский проспект», чётная сторона. 8 метров до троллейбусных путей.

Станция № 61 – Остановка общественного транспорта «Гражданский проспект», нечётная сторона. 7 метров до троллейбусных путей.

Станция № 62 – Полюстровский проспект. 15 метров от подстанции Волхов-Северная.

Станция № 63 – Остановка общественного транспорта Полюстровский проспект, 59. 8 метров от подстанции Волхов-Северная.

Станция № 64 – Улица Жукова. 40 метров от Выборгской ТЭЦ, 70 метров от подстанции Волхов-Северная и 80 метров до ЛЭП 110 кВ.

Станция № 65 – Улица Жукова. 15 метров от Выборгской ТЭЦ, 55 метров от подстанции Волхов-Северная и 50 метров до ЛЭП 110 кВ.

Станция № 66 – Улица Жукова. 20 метров от Выборгской ТЭЦ, 30 метров от подстанции Волхов-Северная и 15 метров до ЛЭП 110 кВ.

Станция № 67 – Улица Жукова. 15 метров от Выборгской ТЭЦ, 15 метров от подстанции Волхов-Северная и 20 метров до ЛЭП 110 кВ.

Станция № 68 – Улица Жукова. 15 метров от Выборгской ТЭЦ, 15 метров от подстанции Волхов-Северная и 50 метров до ЛЭП 110 кВ.

Станция № 69 – Нейшлотский переулок. 10 метров от ЛЭП.

Станция № 70 – Чугунная улица. 35 метров от ЛЭП, 15 метров от троллейбусной сети.

Станция № 71 – Дворовая территория Гражданский проспект, 104к1. 80 метров от троллейбусной сети.

Станция № 72 – Дворовая территория Гражданский проспект, 104к1. 90 метров от троллейбусной сети.

Станция № 73 – Киришская улица, 2. 60 метров от трамвайных путей и 45 метров до троллейбусных путей.

Станция № 74 – Станция метро «Гражданский проспект». 40 метров от трамвайных путей.

Станция № 75 – Остановка общественного транспорта «Станция метро Гражданский проспект». 1 метр от трамвайных путей.

Станция № 76 – Остановка общественного транспорта «Проспект Просвещения / Проспект Культуры». 40 метров от трамвайных путей.

Станция № 77 – Остановка общественного транспорта «Вещевой рынок Гражданский». 1 метр от трамвайных путей.

Станция № 78 – Проспект Маршала Блюхера, 41. 100 метров от ЛЭП 330 кВ.

Станция № 79 – Остановка общественного транспорта «Поликлиника № 96». 20 метров от трамвайных путей.

Станция № 80 – Дворовая территория проспект Просвещения, 70к2.

Станция № 81 – Школа № 69.

Станция № 82 – Парк Академика Сахарова. 50 метров от ЛЭП 330 кВ.

Станция № 83 – Замшина улица, 25к2. 90 метров от ЛЭП 330 кВ.

Станция № 84 – Парк Академика Сахарова. 60 метров от ЛЭП 330 кВ.

Станция № 85 – Парк Академика Сахарова. 30 метров от ЛЭП 330 кВ.

Станция № 86 – Проспект Просвещения, 74А.

Станция № 87 – Улица Брянцева, 26.

Станция № 88 – Лицей № 179.

Станция № 89 – Остановка общественного транспорта «Северный проспект, 91», нечётная сторона. 70 метров до ЛЭП 110 кВ.

Станция № 90 – Остановка общественного транспорта «Северный проспект, 91», чётная сторона. 40 метров до ЛЭП 110 кВ.

Станция № 91 – Остановка общественного транспорта «Улица Софьи Ковалевской / Северный проспект». 50 метров от ЛЭП 110 кВ и 5 метров до троллейбусных путей.

Станция № 92 – Остановка общественного транспорта «Улица Софьи Ковалевской / Северный проспект». 90 метров от ЛЭП 110 кВ и 70 метров до троллейбусных путей.

Станция № 93 – Пискарёвское мемориальное кладбище.

Станция № 94 – Сад Жореса Алфёрова.

Станция № 95 – Пискарёвский парк.

Станция № 96 – Пискаревский парк.

Станция № 97 – Пискаревский парк.

Станция № 98 – Остановка общественного транспорта «Станция Ручьи».

10 метров от трамвайных путей и 5 метров до троллейбусных путей.

Станция № 99 – Парк Академика Сахарова.

Станция №100 – Пионерский парк.

2.2 Выбор методов проведения исследований

Измеритель МЕГЕОН – 07100 (Рисунок 2.2) представляет собой аппарат нового поколения, предназначенный для замера электромагнитного излучения. Данное устройство способно фиксировать и электрическое, и магнитное поле с максимальной точностью. Аппарат применяется для контроля электромагнитного фона внутри строений. Объектами замера выступают домашняя техника, ПК, проводка, мобильные телефоны и беспроводные устройства. Прибор также используется для мониторинга обстановки вне помещений. Внешними источниками являются подстанции, ЛЭП, преобразователи, электрощитовые и вышки связи. Полученная информация позволяет пользователю предпринять эффективные шаги. Эти действия направлены на снижение или экранирование излучения. Подобные меры помогают избежать негативного влияния электромагнитных полей на организм и способствуют охране здоровья человека.

В современном обществе массово используется электромагнитная и электроэнергия. Это привело к появлению нового существенного загрязнителя среды в последней трети XX столетия – электромагнитного поля. Его возникновение связано с прогрессом современных способов передачи данных и энергии. Также свою роль сыграло развитие дистанционного управления, наблюдения, отдельных видов транспорта и промышленных процессов. Сейчас мировое сообщество признает важный экологический фактор – поле искусственного происхождения. Данный фактор обладает выраженной биологической активностью [30].



1. ЖК-дисплей
2. Кнопка включения/выключения
3. Кнопка переключения между режимами измерения электрического и магнитного излучения “ДИАПАЗОН”
4. Светодиод предупредительный “ВНИМАНИЕ”
5. Кнопка фиксации значения “УДЕРЖАНИЕ”
6. Крышка отсека для батареи
7. Приемник

Рисунок 2.3 – Внешний вид прибора МЕГЕОН – 07100

2.3 Методика проведения измерений

Для исследования вертикального распределения интенсивности электромагнитного поля (ЭМП) в заданной пространственной точке применяется портативный широкополосный измеритель ЭМП, калиброванный в соответствующем диапазоне частот. Процедура предусматривает последовательное позиционирование чувствительного элемента измерительного устройства на predetermined heights relative to the reference surface: 0.2 м, 1.0 м и 2.0 м.

На каждом уровне высоты осуществляется экспонирование датчика измерителя в течение времени, необходимого для стабилизации показаний регистрируемого параметра (напряженности электрического поля в В/м и/или

магнитной индукции в мкТл или Гс). Для минимизации погрешностей, обусловленных нестационарностью поля, рекомендуется проводить серию последовательных измерений на каждой высоте с последующим статистическим анализом полученных данных (например, определение среднего значения и стандартного отклонения).

Фиксация результатов измерений производится в протоколе, включающем дату и время проведения эксперимента, точное местоположение точки измерения, высоту расположения датчика, зарегистрированное значение интенсивности ЭМП с указанием единиц измерения, а также идентификационные данные используемого измерительного оборудования.

Данная методология обеспечивает получение дискретных данных о вертикальном профиле интенсивности ЭМП, позволяющих проводить анализ пространственной неоднородности поля в исследуемой области.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

3.1 Источники электромагнитного загрязнения Калининского района

В ходе анализа было выявлено четыре основных типа источников электромагнитного излучения: трамвайные линии, контактные сети троллейбусов, линии электропередач (ЛЭП) и подстанции.



Рисунок 3.1.1 – Проведение замеров ЭМИ троллейбусной сети

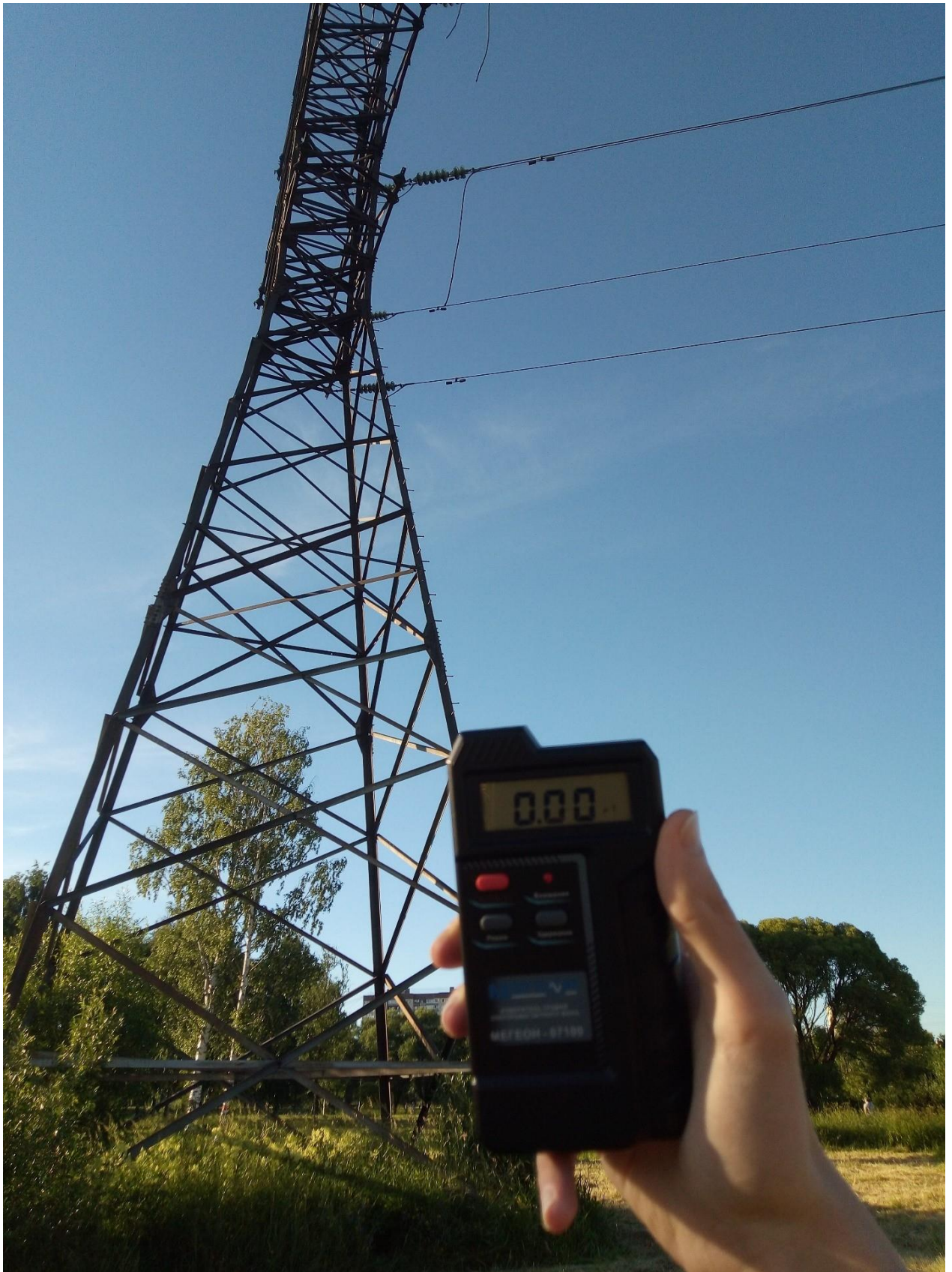


Рисунок 3.1.2 – Проведение замеров ЭМИ ЛЭП



Рисунок 3.1.3 – Проведение замеров ЭМИ Сосновской подстанции

Контактные сети троллейбусов размещены вдоль улично-дорожной сети города. К числу улиц и проспектов, вдоль которых они проложены, относятся: 1-й Муринский проспект, Арсенальная улица, Боткинская улица, Гражданский мост, Гражданский проспект, Кондратьевский проспект, Кушелевская дорога, Кушелевский путепровод, Лесной проспект, Литейный мост, Минеральная улица, Пискаревский проспект, Пискаревский путепровод, площадь Калинина, площадь Ленина, площадь Мужества, Политехническая улица, Придорожная аллея, проспект Культуры, проспект Луначарского, проспект Маршала Блюхера, проспект Metallистов, проспект Мечникова, проспект Науки, проспект Непокорённых, Ручьёвская площадь, Светлановский проспект, Северная площадь, Суздальский проспект, Тихорецкий проспект, улица Академика Лебедева, улица Вернадского, улица Гидротехников, улица Комиссара Смирнова, улица Комсомола, улица Курчатова, улица Руставели, улица Софьи Ковалевской, Чугунная улица.

В настоящее время в Калининском районе города Санкт-Петербург функционируют 14 троллейбусных маршрутов, обозначенных следующими номерами: 3, 4, 6, 8, 13, 16, 18, 21, 31, 34, 38, 40, 43 и 50.

Протяжённость троллейбусной контактной сети в Калининском районе Санкт-Петербурга составляет 110 километров. Благодаря разветвлённой структуре маршрутов, Калининский район является одним из лидеров города по плотности троллейбусной инфраструктуры.

Плотность троллейбусной сети Калининского района = $\frac{\text{Протяжённость троллейбусной сети}}{\text{Площадь Калининского района}}$

$$\text{Плотность троллейбусной сети Калининского района} = \frac{110,8 \text{ км}}{40,12 \text{ км}^2} = 2,8 \frac{\text{км}}{\text{км}^2}$$

Трамвайные пути проложены по следующим улицам и проспектам:

Проспект просвещения, Светлановский проспект, улица Руставели, проспект Науки, проспект Культуры, Тихорецкий проспект, Политехническая улица, Пискаревский проспект, улица Жукова, Кондратьевский проспект, Арсенальная улица, улица Комсомола, площадь Ленина, Боткинская улица, улица Академика Лебедева, Лесной проспект.

Трамвайные маршруты: 13 маршрутов, обозначенных номерами: 3, 6, 9, 20, 23, 38, 40, 48, 51, 55, 57, 61, 100.

Протяжённость трамвайной сети в Калининском районе Санкт-Петербурга составляет 145,4 км.

$$\text{Плотность трамвайной сети Калининского района} = \frac{\text{Протяжённость трамвайной сети}}{\text{Площадь Калининского района}}$$

$$\text{Плотность трамвайной сети Калининского района} = \frac{145,4 \text{ км}}{40,12 \text{ км}^2} = 3,6 \frac{\text{км}}{\text{км}^2}$$

ЛЭП размещены вдоль следующих улиц: улица Вавиловых, Северный проспект, проспект Маршала Блюхера, Чугунная улица. А также пересекают улицу Жукова, Полюстровский проспект, Лабораторная улицу.

$$\text{Плотность ЛЭП Калининского района} = \frac{\text{Протяжённость ЛЭП}}{\text{Площадь Калининского района}}$$

$$\text{Плотность трамвайной сети Калининского района} = \frac{31,6 \text{ км}}{40,12 \text{ км}^2} = 0,79 \frac{\text{км}}{\text{км}^2}$$

На территории Калининского района находится 7 подстанций.

На территории ТЭЦ-17 расположена подстанция напряжением 35 кВ. Предприятие обладает установленной электрической мощностью 250,5 МВт и тепловой мощностью 953 Гкал/ч. За отчётный период выработка электроэнергии составила 773,13 млн кВт·ч, а объём выработанной тепловой энергии достиг 1 198,34 тыс. Гкал. Снабжает электрической и тепловой энергией промышленные объекты, жилые дома и общественные учреждения,

расположенные в Калининском, Выборгском и частично в Красногвардейском районах Санкт-Петербурга. Общее число потребителей — около 400 тысяч человек. История строительства, расширения и эксплуатации станции неразрывно связана с развитием энергетической инфраструктуры Санкт-Петербурга. Изначально объект проектировался как ведомственная электростанция для нужд Ленинградского Металлического завода, который в начале 1950-х годов являлся крупнейшим отечественным производителем паровых турбин и активно наращивал производственные мощности. В 1954 году было завершено строительство первого пускового комплекса станции. Для обеспечения квалифицированного персонала на ТЭЦ были переведены руководители цехов и ведущие специалисты с других энергетических объектов города. Существенные изменения произошли в 1958 году, когда станция получила статус городской и была переименована в Выборгскую ТЭЦ-17, войдя в состав энергосистемы «Ленэнерго». В 2005 году, в рамках реформирования энергетической отрасли, Выборгская ТЭЦ вместе с рядом других станций вошла в состав новой генерирующей компании — ПАО «ТГК-1».

ПС 110 кВ Либкнехта (ПС 93) — это закрытая распределительная подстанция с рабочим напряжением 110 кВ и резервом мощности 50,24 МВА. Она обеспечивает надёжное электроснабжение потребителей в своей зоне обслуживания и является важным элементом городской энергосистемы.

ПС 110 кВ ПГВ - 2 Светлана (ПС 370) — это объект рабочим напряжением 110 кВ и резервом мощности 12,61 МВА. Она предназначена для электроснабжения промышленных и коммунально-бытовых потребителей, обеспечивая стабильную и надёжную работу в составе энергосистемы города.

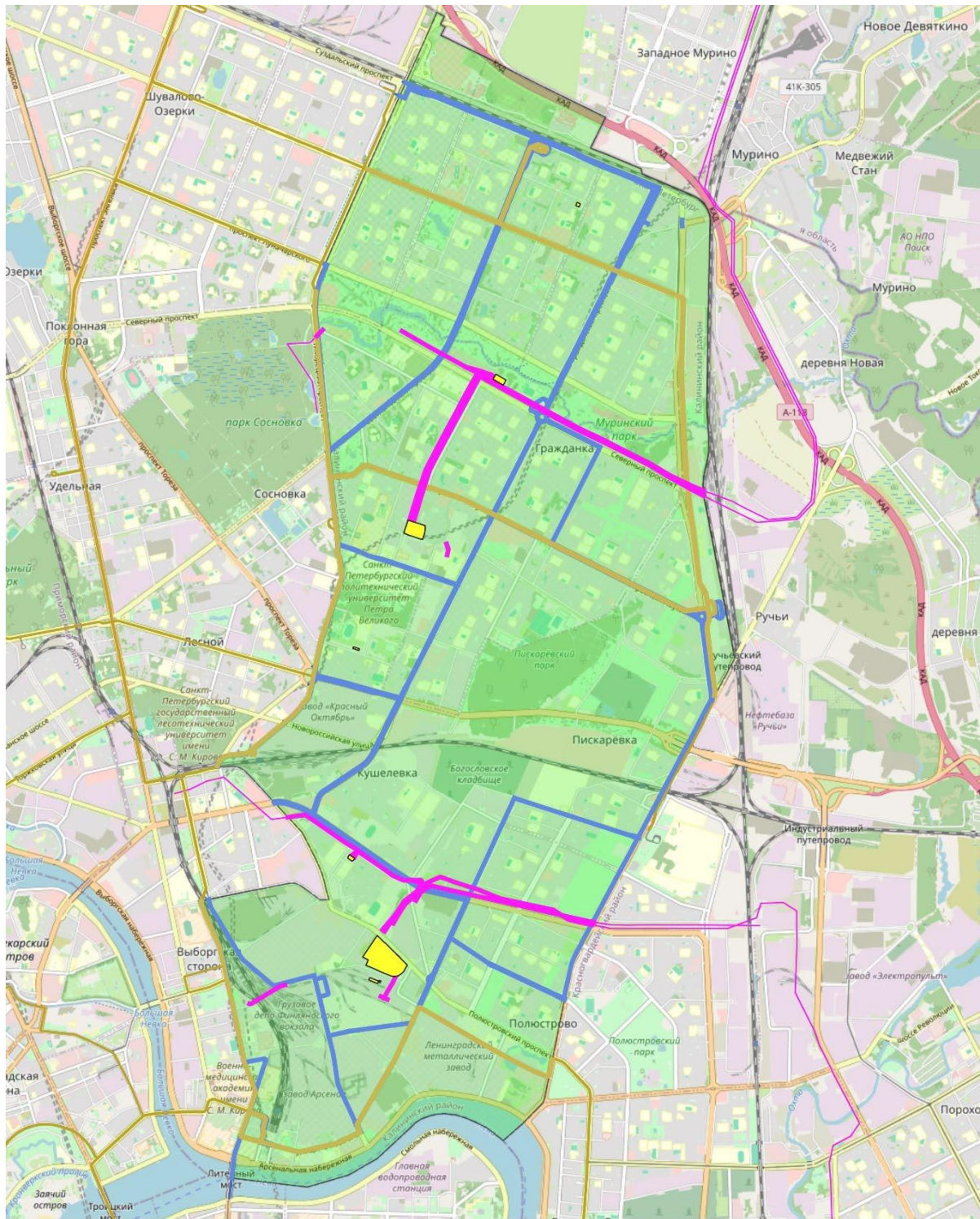
ПС 110 кВ Сосновская (ПС 29) функционирует в составе городской энергосистемы, обеспечивая подачу электроэнергии потребителям в обслуживаемом районе. Работает на напряжении 110 кВ и располагает резервной мощностью 11,06 МВА, что позволяет поддерживать стабильность и надёжность электроснабжения.

ПС 110 кВ Гражданская (ПС 124) представляет собой открытый распределительный объект, работающий на напряжении 110 кВ. Резерв мощности составляет 1,65 МВА. Подстанция обеспечивает электроснабжение прилегающих территорий, входя в состав городской энергосистемы и поддерживая её надёжную работу.

ПС 110 кВ Суздальская (ПС 134) является частью городской электросетевой инфраструктуры. Работает на напряжении 110 кВ и предназначена для обеспечения надёжного электроснабжения жилых, общественных и промышленных объектов в зоне своего обслуживания.

ПС 330 кВ Волхов-Северная является многоуровневым распределительным узлом с рабочими напряжениями 330, 110, 35, 10 и 6 кВ. В составе подстанции работают 4 силовых трансформатора общей установленной мощностью 560 МВА, что обеспечивает эффективное и надёжное электроснабжение различных потребителей.

Все вышеописанные электроэнергетические объекты отражены на геоинформационной карте, что обеспечивает наглядное представление их расположения, характеристик и взаимосвязей в структуре городской энергосистемы. Данная визуализация способствует более эффективному анализу, планированию и управлению энергетической инфраструктурой.



- Калининский район
- ЛЭП
- Подстанции
- Трамвайные пути
- Троллейбусные пути

Рисунок 3.1.4 – схема расположения источников ЭМИ Калининского района

3.2 Распространение электромагнитных полей по территории района

Ниже представлена таблица, в которой сведены результаты измерений электрического и магнитного излучений. Таблица содержит значения электромагнитных параметров и координаты точек измерения.

№	Широта	Долгота	Высоты	Вид излучения	
				Магнитное поле μT , мкТл	Электрическое поле V/m , В/м
1	59,97641	30,40159	0,2 м	0,27	0
			1 м	0,07	146
			2 м	0,11	287
2	59,97657	30,40148	0,2 м	0,08	25
			1 м	0,09	163
			2 м	0	266
3	59,97694	30,4016	0,2 м	0,19	238
			1 м	0,16	2000
			2 м	0,11	2000
4	59,9773	30,40105	0,2 м	0,56	443
			1 м	0,46	2000
			2 м	0,32	2000
5	59,97746	30,4008	0,2 м	0,5	1524
			1 м	0,16	1721
			2 м	0,29	1852
6	59,97821	30,39985	0,2 м	0,3	27
			1 м	0,13	293
			2 м	0,11	917
7	59,9785	30,39931	0,2 м	0	0
			1 м	0	27
			2 м	0,07	74
8	59,97904	30,39654	0,2 м	0	0
			1 м	0,01	75
			2 м	0,03	131
9	59,97931	30,39477	0,2 м	0,08	0
			1 м	0,07	0
			2 м	0	42
10	59,97903	30,39405	0,2 м	0,28	25
			1 м	0,2	278
			2 м	0,01	819

11	59,97908	30,39378	0,2 м	0,21	58
			1 м	0,13	757
			2 м	0,1	1964
12	59,97983	30,39452	0,2 м	0	0
			1 м	0	1
			2 м	0	50
13	59,97942	30,39411	0,2 м	0	0
			1 м	0	90
			2 м	0,03	135
14	59,97881	30,39353	0,2 м	0,19	2000
			1 м	0,93	2000
			2 м	0,53	2000
15	59,97843	30,39317	0,2 м	0,21	233
			1 м	0	2000
			2 м	0,16	2000
16	59,97782	30,39247	0,2 м	0	0
			1 м	0	289
			2 м	0	527
17	59,97739	30,39358	0,2 м	0	0
			1 м	0	76
			2 м	0	84
18	59,97738	30,39247	0,2 м	0	0
			1 м	0	0
			2 м	0	0
19	59,97824	30,38518	0,2 м	0,18	0
			1 м	0,04	292
			2 м	0,06	554
20	59,97901	30,38284	0,2 м	0,14	4
			1 м	0,05	131
			2 м	0,04	218
21	59,97833	30,38208	0,2 м	0,24	0
			1 м	0,07	202
			2 м	0	213
22	59,97958	30,38203	0,2 м	0,08	0
			1 м	0	55
			2 м	0,05	109
23	59,97981	30,38329	0,2 м	0,06	0
			1 м	0	17
			2 м	0	14
24	59,98159	30,37621	0,2 м	0	0
			1 м	0	0
			2 м	0	0

25	59,98092	30,37727	0,2 М	0	0
			1 М	0,06	52
			2 М	0,08	81
26	59,98257	30,36997	0,2 М	0,22	0
			1 М	0	65
			2 М	0	85
27	59,98454	30,3666	0,2 М	0,09	4
			1 М	0,06	57
			2 М	0	79
28	60,01114	30,38232	0,2 М	0	0
			1 М	0	0
			2 М	0	0
29	60,01278	30,38302	0,2 М	0,06	13
			1 М	0	27
			2 М	0	36
30	60,01606	30,38554	0,2 М	0,19	2000
			1 М	0,93	2000
			2 М	0,53	2000
31	60,01659	30,38639	0,2 М	0	0
			1 М	0	0
			2 М	0	0
32	60,01719	30,38695	0,2 М	0	38
			1 М	0,01	77
			2 М	0,2	271
33	60,02194	30,39216	0,2 М	0	0
			1 М	0	147
			2 М	0	213
34	60,0223	30,39242	0,2 М	0	0
			1 М	0	160
			2 М	0	213
35	60,02442	30,39291	0,2 М	0,05	115
			1 М	0,2	276
			2 М	0,4	331
36	60,01157	30,37998	0,2 М	0	0
			1 М	0	0
			2 М	0	0
37	60,02212	30,39224	0,2 М	0,5	32
			1 М	0,3	55
			2 М	0,1	71
38	60,02497	30,40058	0,2 М	0,3	0
			1 М	0,45	0
			2 М	0	0

39	60,02497	30,40057	0,2 М	0,27	1159
			1 М	0,15	2000
			2 М	0,1	2000
40	60,0245	30,39998	0,2 М	0,5	1460
			1 М	0,18	2000
			2 М	0,34	2000
41	60,0238	30,40315	0,2 М	0,7	2000
			1 М	0,5	2000
			2 М	0,27	2000
42	60,02363	30,40161	0,2 М	0,05	22
			1 М	0	127
			2 М	0	198
43	59,97679	30,40146	0,2 М	0,06	19
			1 М	0,05	46
			2 М	0,04	169
44	59,9763	30,41527	0,2 М	0,26	0
			1 М	0,09	0
			2 М	0,14	0
45	59,97779	30,40039	0,2 М	0,61	492
			1 М	0,06	2000
			2 М	0,31	2000
46	60,01092	30,37001	0,2 М	0,03	0
			1 М	0,07	0
			2 М	0,15	0
47	60,0299	30,36667	0,2 М	0	0
			1 М	0	0
			2 М	0	0
48	60,02922	30,37973	0,2 М	0	0
			1 М	0	0
			2 М	0	0
49	60,02969	30,38084	0,2 М	0	0
			1 М	0	0
			2 М	0	0
50	60,02683	30,38972	0,2 М	0	0
			1 М	0	0
			2 М	0	0
51	60,02632	30,39065	0,2 М	0	0
			1 М	0	0
			2 М	0	0
52	60,02613	30,39133	0,2 М	0,15	0
			1 М	0,07	0
			2 М	0,03	0

53	60,02485	30,39485	0,2 М	0,11	26
			1 М	0,06	136
			2 М	0	388
54	60,02545	30,39491	0,2 М	0,21	771
			1 М	0,09	2000
			2 М	0,31	2000
55	60,02457	30,39518	0,2 М	0	0
			1 М	0	66
			2 М	0	115
56	60,02408	30,398	0,2 М	0,06	0
			1 М	0,1	34
			2 М	0,08	61
57	60,02319	30,40172	0,2 М	0,02	0
			1 М	0,03	3
			2 М	0,07	2
58	60,02398	30,40356	0,2 М	0,26	3
			1 М	0,05	515
			2 М	0,11	1053
59	60,02287	30,40414	0,2 М	0,15	0
			1 М	0,04	197
			2 М	0,08	264
60	60,02164	30,4083	0,2 М	0	0
			1 М	0	45
			2 М	0	61
61	60,02144	30,40822	0,2 М	0	0
			1 М	0	22
			2 М	0	29
62	59,97234	30,38082	0,2 М	0,22	0
			1 М	0	0
			2 М	0	0
63	59,97244	30,38049	0,2 М	0,06	0
			1 М	0,08	54
			2 М	0,12	107
64	59,97009	30,38098	0,2 М	0	0
			1 М	0	0
			2 М	0	0
65	59,97017	30,38042	0,2 М	0,05	23
			1 М	0	52
			2 М	0	90
66	59,9703	30,37989	0,2 М	0,07	98
			1 М	0	235
			2 М	0	387

67	59,97043	30,37916	0,2 М	0,08	0
			1 М	0,01	161
			2 М	0,06	203
68	59,97049	30,37871	0,2 М	0,07	0
			1 М	0	34
			2 М	0	56
69	59,96812	30,35312	0,2 М	0,08	0
			1 М	0,06	0
			2 М	0,04	0
70	59,96963	30,35727	0,2 М	0,08	0
			1 М	0,07	0
			2 М	0,02	0
71	60,02753	30,41055	0,2 М	0,03	0
			1 М	0,06	0
			2 М	0,08	0
72	60,02798	30,41079	0,2 М	0,05	0
			1 М	0,04	0
			2 М	0,05	0
73	60,03479	30,4207	0,2 М	0,07	0
			1 М	0,08	0
			2 М	0,06	0
74	60,0355	30,41819	0,2 М	0,08	0
			1 М	0,07	0
			2 М	0,06	0
75	60,03562	30,41939	0,2 М	0,13	0
			1 М	0,07	0
			2 М	0,08	0
76	60,04507	30,37544	0,2 М	0,06	0
			1 М	0,07	0
			2 М	0,08	0
77	60,01777	30,43306	0,2 М	0,06	0
			1 М	0,08	0
			2 М	0,07	0
78	59,97551	30,40734	0,2 М	0,05	0
			1 М	0,06	0
			2 М	0,06	0
79	60,04379	30,38087	0,2 М	0,06	0
			1 М	0,07	0
			2 М	0,08	0
80	60,04477	30,38155	0,2 М	0,04	0
			1 М	0,07	0
			2 М	0,05	0

81	60,04639	30,38326	0,2 м	0,06	0
			1 м	0,08	0
			2 м	0,05	0
82	59,9776	30,40435	0,2 м	0,06	0
			1 м	0,08	13
			2 м	0,06	120
83	59,97797	30,40474	0,2 м	0,05	0
			1 м	0,08	0
			2 м	0,06	0
84	59,97761	30,40502	0,2 м	0,05	0
			1 м	0,07	75
			2 м	0,06	186
85	59,97739	30,40497	0,2 м	0,06	90
			1 м	0,07	1719
			2 м	0,04	2000
86	60,04341	30,39118	0,2 м	0,06	0
			1 м	0,05	0
			2 м	0,04	0
87	60,04184	30,40651	0,2 м	0,05	0
			1 м	0,04	0
			2 м	0,07	0
88	60,0403	30,41759	0,2 м	0,02	0
			1 м	0,04	0
			2 м	0,03	0
89	60,01623	30,42841	0,2 м	0	0
			1 м	0	21
			2 м	0	32
90	60,01658	30,42839	0,2 м	0	0
			1 м	0,01	43
			2 м	0	58
91	60,01954	30,41658	0,2 м	0	5
			1 м	0	29
			2 м	0,02	52
92	60,01875	30,41826	0,2 м	0	0
			1 м	0,09	0
			2 м	0,2	0
93	59,99476	30,42095	0,2 м	0	0
			1 м	0	0
			2 м	0	0
94	60,00113	30,42742	0,2 м	0	0
			1 м	0	0
			2 м	0	0

95	59,9987	30,39687	0,2 м	0	0
			1 м	0	0
			2 м	0	0
96	59,99599	30,39872	0,2 м	0	0
			1 м	0	0
			2 м	0	0
97	59,99983	30,40969	0,2 м	0	0
			1 м	0	0
			2 м	0	0
98	60,0045	30,43866	0,2 м	0	14
			1 м	0	6
			2 м	0	8
99	59,97934	30,41524	0,2 м	0	0
			1 м	0	0
			2 м	0	0
100	59,98199	30,41732	0,2 м	0	0
			1 м	0	0
			2 м	0	0

Таблица 3.2.1 – Результаты измерений

Магнитное поле на точках измерений находится в диапазоне от 0 до 0,93 мкТл, среднее значение 0,0823 мкТл, медианное значение 0,053 мкТл.

Электрическое поле в диапазоне от 0 до 2000 В/м, среднее значение 258 В/м, медианное значение 29,3 В/м.

Данные, представленные в таблице, для наглядности также отображены в виде графиков.

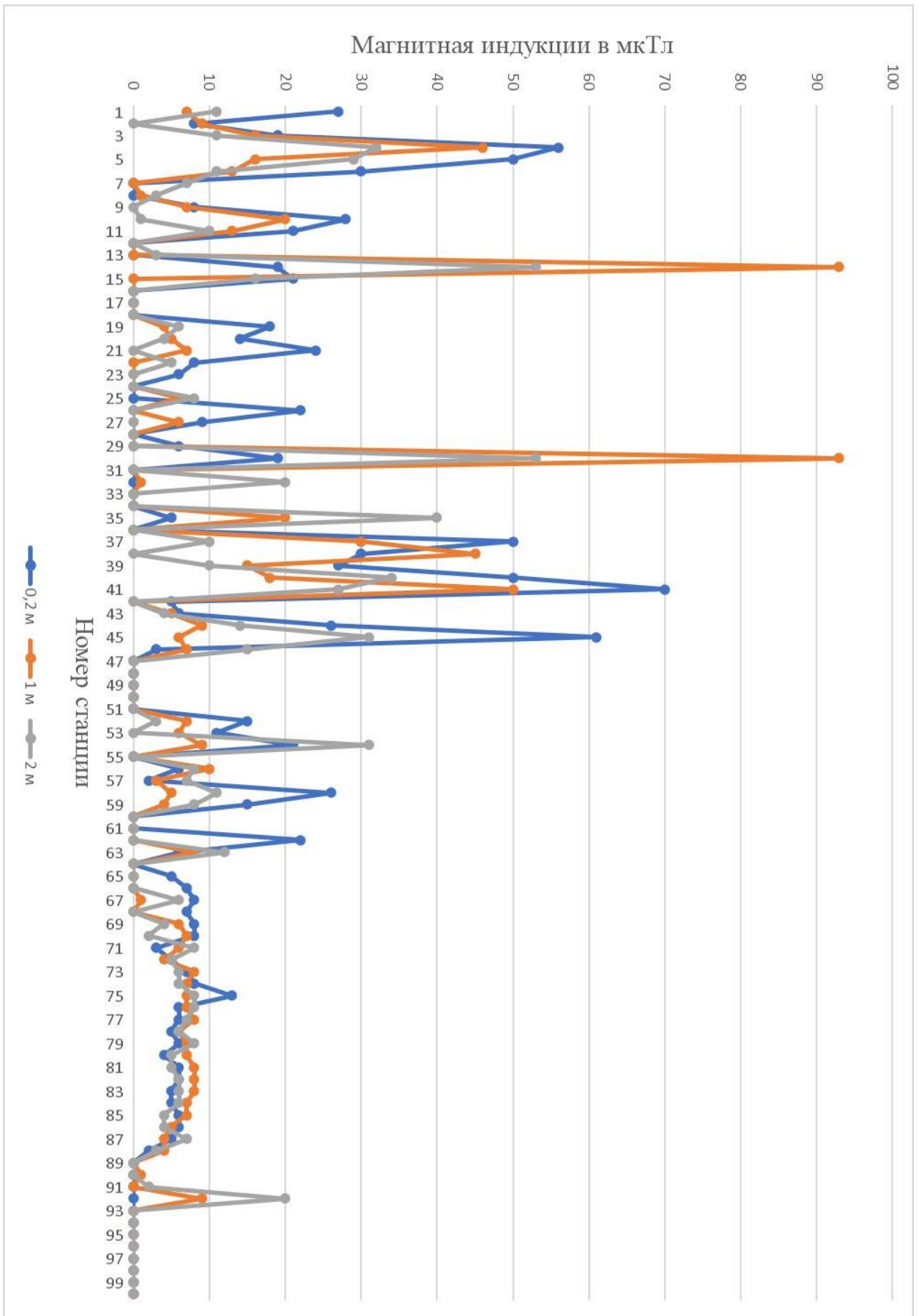


Рисунок 3.2.1 – Результаты измерений магнитного поля

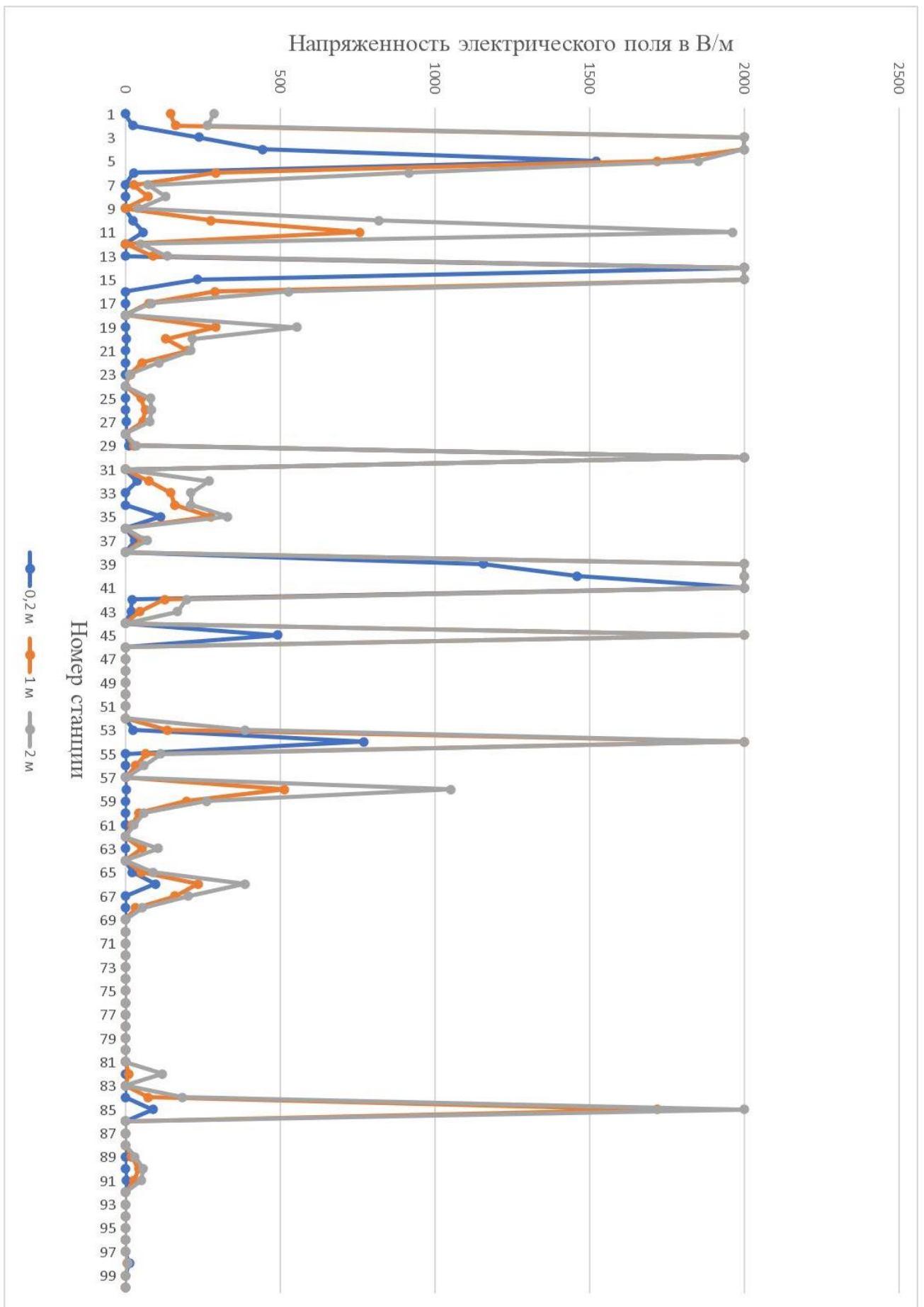


Рисунок 3.2.2 – Результаты измерений электрического поля

Распределение электромагнитных полей по территории района представлено посредством тепловых карт выполненных с использованием геоинформационных систем.



Рисунок 3.2.3 – Тепловая карта магнитного излучения μT на высоте 0,2м

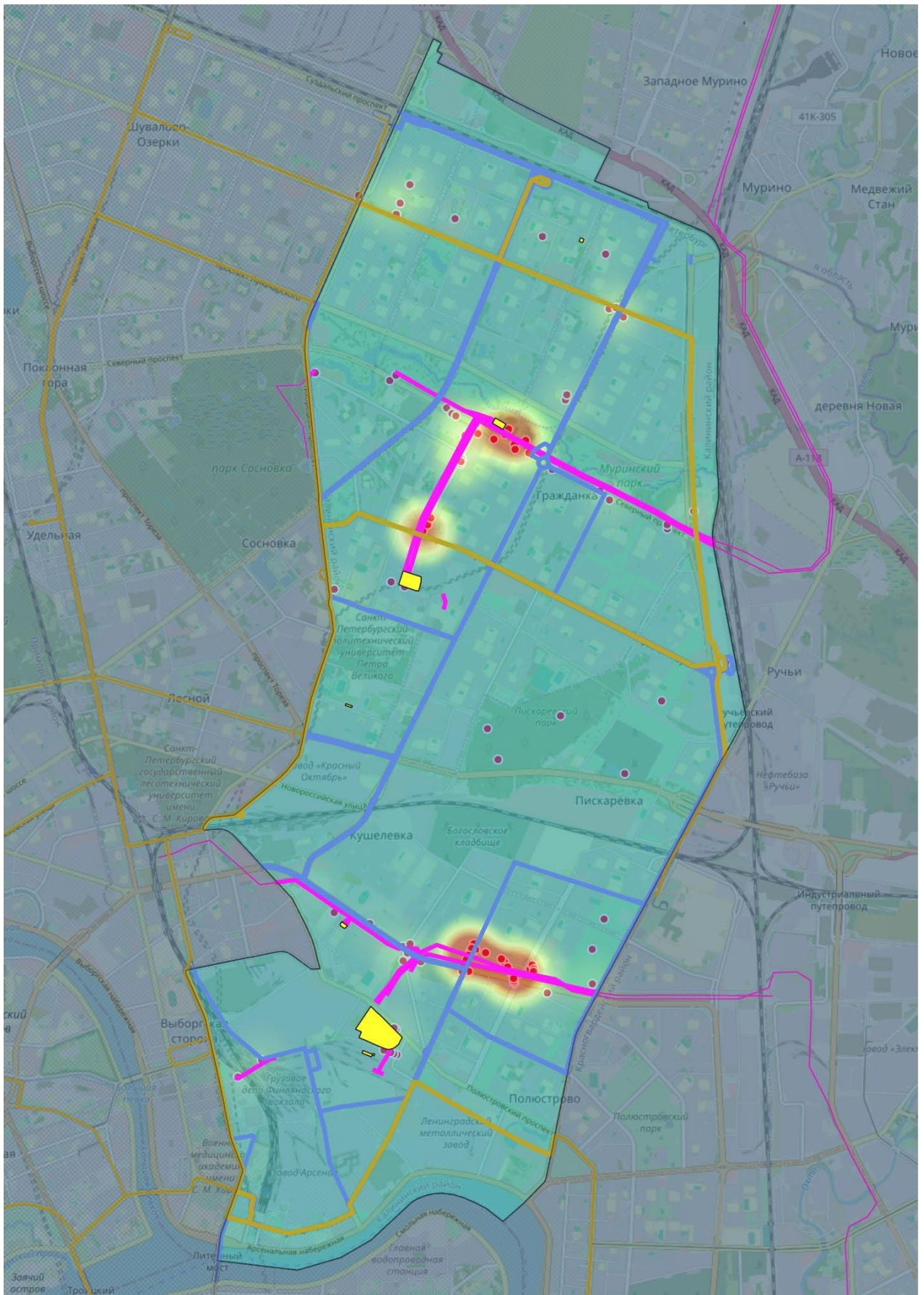


Рисунок 3.2.4 – Тепловая карта магнитного излучения μT на высоте 1м

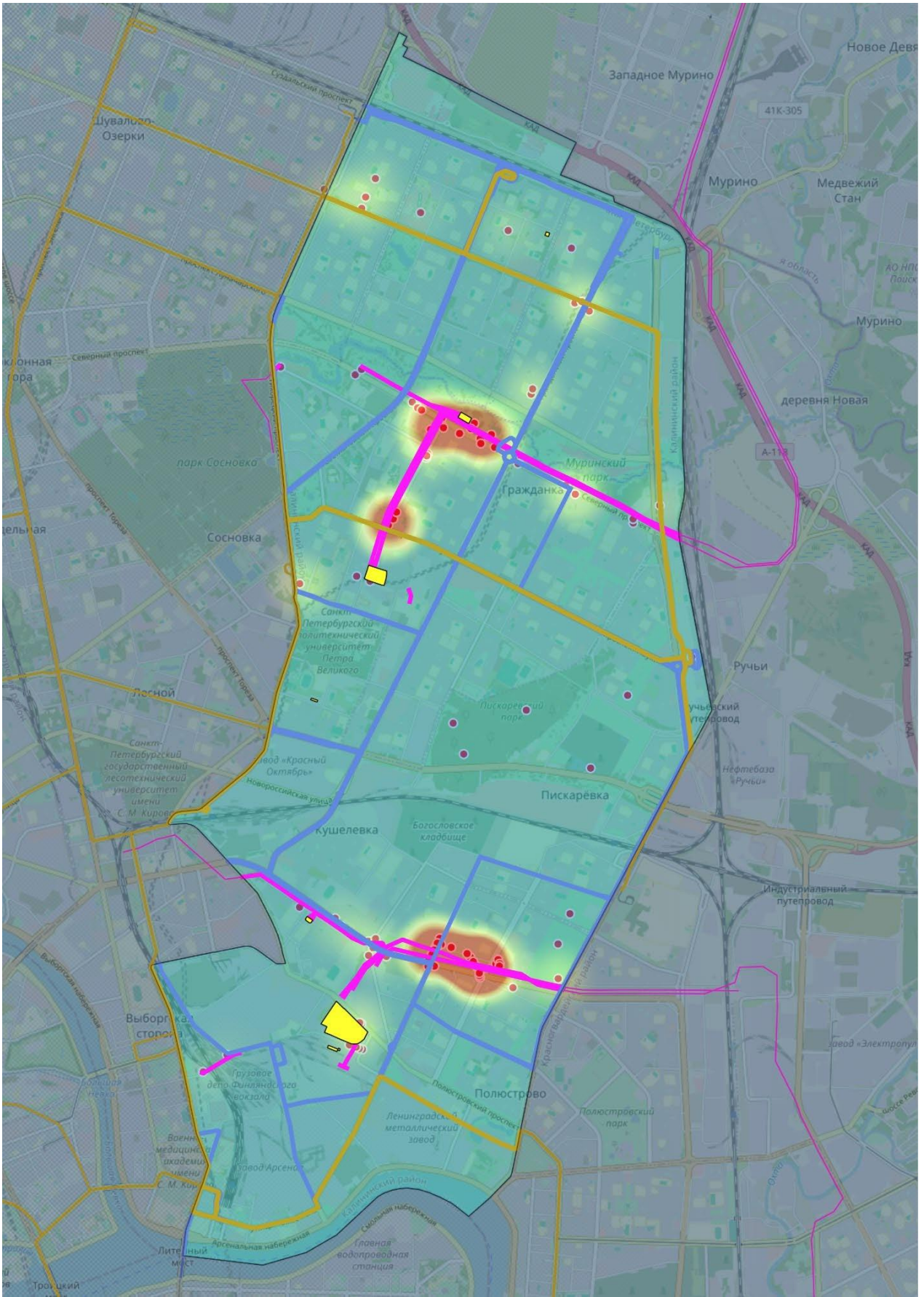


Рисунок 3.2.5 – Тепловая карта магнитного излучения μT на высоте 2м

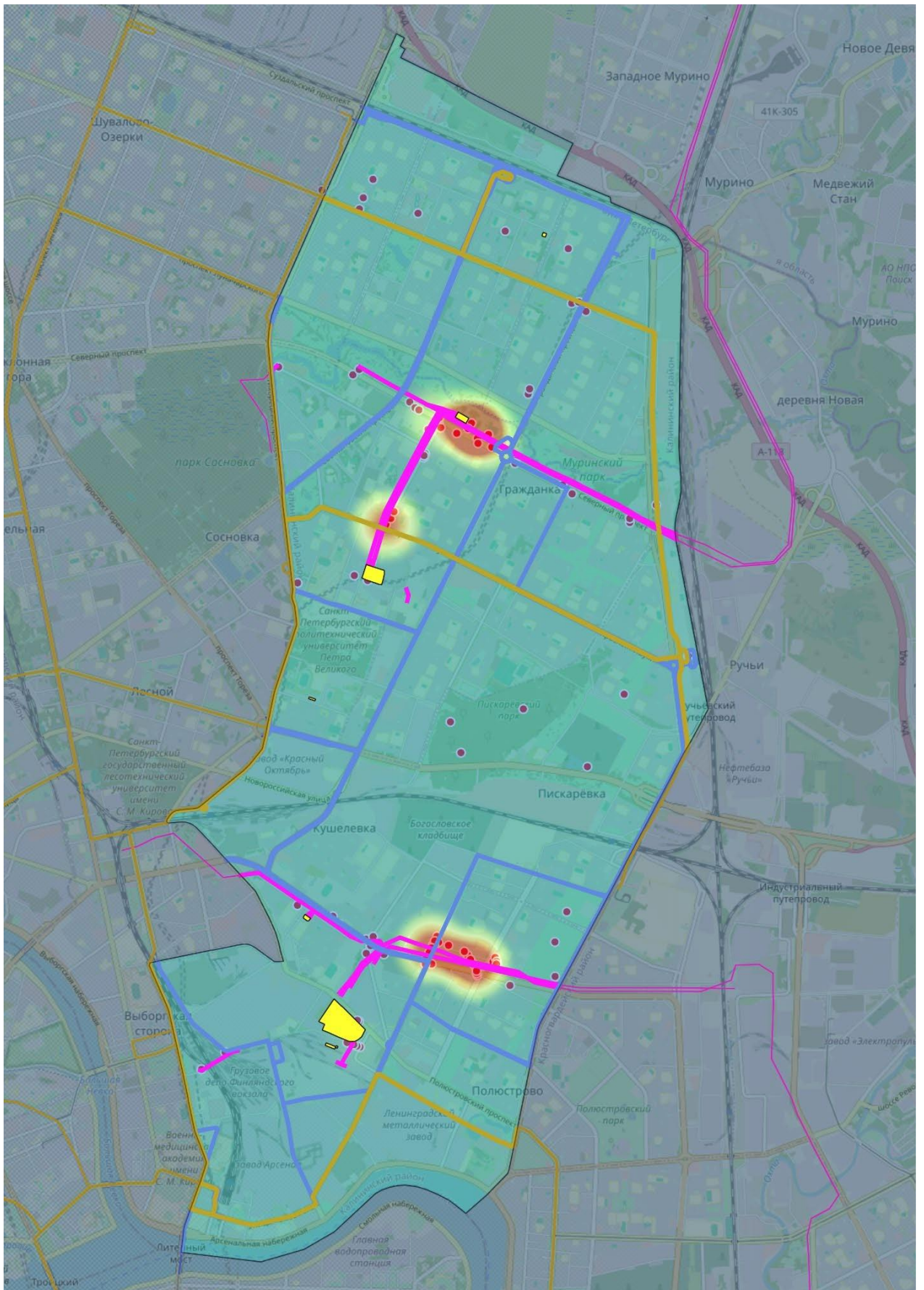


Рисунок 3.2.6 – Тепловая карта электрического излучения V/m на высоте 0,2м

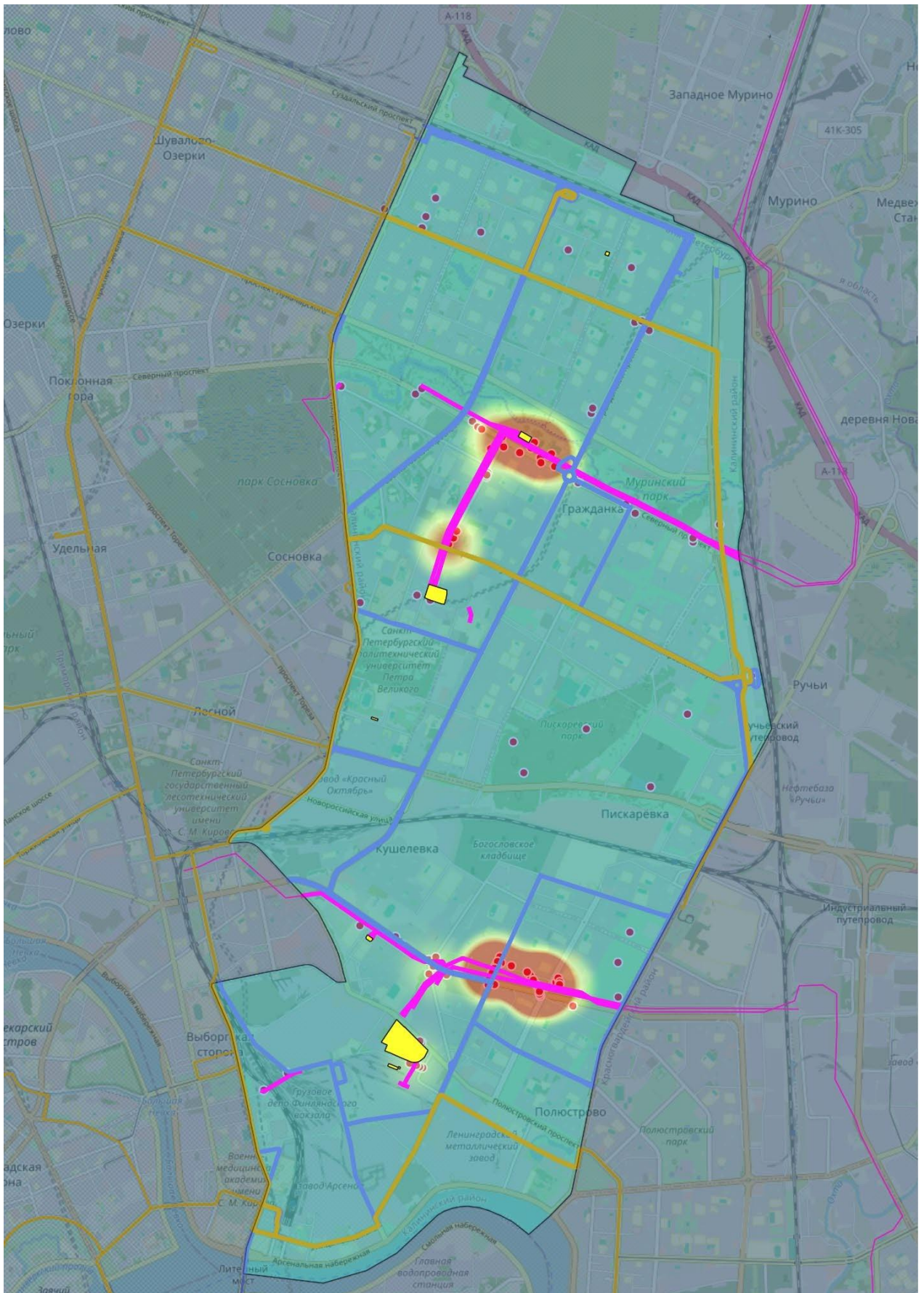


Рисунок 3.2.7 – Тепловая карта электрического излучения V/m на высоте 1м

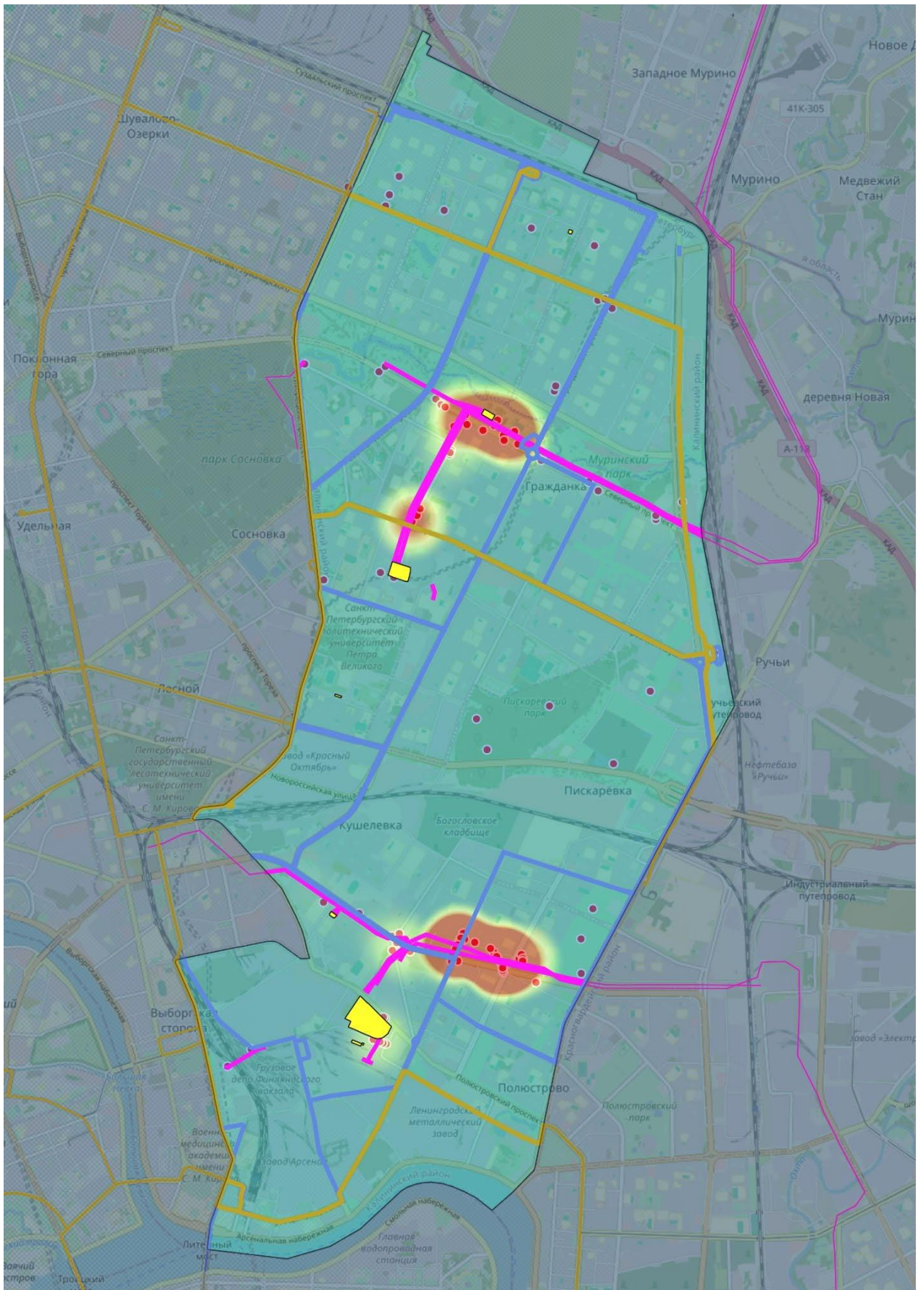


Рисунок 3.2.8 – Тепловая карта электрического излучения V/m на высоте 2м

Наибольшие значения электромагнитного излучения фиксировались в точках 3, 4, 5, 10, 11, 14, 15, 30, 39, 40, 41, 45, 54 85.

Точки 3, 4, 5, 45: пересечение проспекта Маршала Блюхера и Замшина улицы, расположение рядом с ЛЭП.

Точки 10, 11, 14, 15: расположены вдоль Кондратьевского проспекта, рядом с пересечением троллейбусной линии и ЛЭП.

Точка 30 расположена на улице Вавиловых около пересечения ЛЭП и трамвайных путей.

Точки 39, 40, 41, 54: расположены вдоль Северного проспекта, вблизи ЛЭП.

Наименьшие значения фиксировались в точках 12, 17, 18, 24, 28, 31, 32, 36, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 55, 60, 61, 62, 64, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100.

Вышеуказанные точки располагаются на нормативном расстоянии от ЛЭП, трамвайных и троллейбусных путей, в дворах многоэтажных домов, парковых зонах.

Анализ связи максимумов с источниками.

Наибольший вклад в электромагнитное загрязнение Калининского района города Санкт-Петербурга вносит ЛЭП 330 кВ проходящие по улице проспект Маршала Блюхера от подстанции Волхов-Северная до подстанции Восточная и Завод Ильич. Нарушений СанПиН 2.2.12.1.1.1200-03. Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов не выявлено.

Менее значимый вклад вносят ЛЭП 110 кВ проходящие от подстанции Гражданская до Северная ТЭЦ по Северному проспекту, от подстанции Гражданская до подстанции Сосновская по улице Вавиловых.

Уровень излучения от трамвайных и троллейбусных путей не превышает установленных норм и соответствует своду правил ТРАМВАЙНЫЕ И ТРОЛЛЕЙБУСНЫЕ ЛИНИИ СНиП 2.05.09—90.

Уровень излучения вблизи ограждений подстанций предельно низкий, что свидетельствует о соблюдении Постановления Главного государственного

санитарного врача РФ от 25.09.2007 N 74 (ред. от 15.11.2024) "О введении в действие новой редакции санитарно-эпидемиологических правил и нормативов СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 "Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов" (Зарегистрировано в Минюсте России 25.01.2008 N 10995)

ЛЭП на Чугунной улице, на улице Академика Бойкова и ЛЭП, тянущаяся с западной части Северного проспекта до подстанции Гражданская, имеют нулевой уровень электромагнитного излучения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате анализа полученных данных установлено, что основным источником электромагнитного излучения на исследуемой территории являются линии электропередачи (ЛЭП). Зафиксирована отчетливая зависимость: по мере приближения к ЛЭП интенсивность электромагнитного поля возрастает. Вблизи трамвайных и троллейбусных путей также регистрируется незначительное электромагнитное излучение, однако его уровни не превышают установленных санитарно-гигиенических нормативов. В парковых и внутридворовых зонах, не расположенных в непосредственной близости к вышеуказанным источникам, уровни электромагнитного загрязнения находятся на минимальных значениях. Зафиксированные слабые колебания могут быть обусловлены инструментальной погрешностью измерений. В результате анализа пространственного распределения уровней электромагнитного излучения, зафиксированных в контрольных точках, установлена устойчивая зависимость между интенсивностью полей и характером городской инфраструктуры. Наибольшие значения как электрического, так и магнитного полей были зафиксированы в точках, которые географически совпадают с участками, где расположены линии электропередач, трамвайные и троллейбусные линии, а также зоны, в которых наблюдается пространственное наложение нескольких источников электромагнитного излучения. Особенно выраженные значения наблюдались в местах пересечений ЛЭП и контактных сетей электротранспорта, что указывает на локальное усиление электромагнитного фона за счёт индуктивных и радиочастотных воздействий от объектов энергоинфраструктуры. В противоположность этим зонам, минимальные значения ЭМИ зафиксированы в точках, расположенных на нормативном расстоянии от линий электропередач, вне зон прохождения трамвайных и троллейбусных путей, преимущественно во внутридворовых пространствах, зелёных зонах и других участках, удалённых от активных источников ЭМИ.

Это подтверждает наличие защитного эффекта, создаваемого зданиями, растительностью и расстоянием до источников излучения. Таким образом, пространственное распределение электромагнитного фона в исследуемом районе имеет ярко выраженную зависимость от структуры городской инфраструктуры. Наибольшие уровни зафиксированы в зонах технической концентрации электромагнитных источников, тогда как внутридворовые и рекреационные участки демонстрируют стабильно низкие значения. Полученные результаты подтверждают необходимость учёта факторов электромагнитного загрязнения при градостроительном планировании, размещении энергетических объектов и проектировании жилых территорий. Особенно важно соблюдение санитарных отступов от ЛЭП и контактных сетей электротранспорта, а также формирование зелёных буферных зон, обеспечивающих снижение уровня воздействия на население. Одним из возможных решений существующей проблемы является изменение конструкции и размещения линий электропередачи (ЛЭП), в частности, за счёт их подземной прокладки или увеличения высоты опор. Однако, с учётом экономических, технических и экологических факторов, наибольшую целесообразность представляет именно монтаж ЛЭП под землёй. С экономической точки зрения, подземная прокладка линий электропередачи обладает рядом преимуществ по сравнению с традиционными воздушными линиями. Во-первых, несмотря на более высокую стоимость материалов, снижаются затраты на строительные работы, поскольку уменьшается объём необходимых земляных и монтажных операций. Во-вторых, такие линии менее подвержены воздействию неблагоприятных погодных условий и актов вандализма, что существенно снижает риск повреждений и, как следствие, затрат на ремонт и восстановление. В-третьих, подземное размещение способствует улучшению эстетического облика территорий, особенно в условиях городской застройки. Кроме того, повышается общая безопасность — снижается вероятность возникновения пожаров и других техногенных происшествий, связанных с эксплуатацией воздушных ЛЭП. Также важным

фактором является долговечность: подземные кабели менее подвержены коррозии и старению, что продлевает срок их службы. С экологической точки зрения, размещение ЛЭП под землёй также имеет ряд преимуществ. Прежде всего, это позволяет значительно снизить визуальное воздействие на окружающую среду, особенно в густонаселённых районах, где наличие проводов может негативно сказываться на архитектурном и ландшафтном восприятии. Дополнительно снижается риск воздействия на дикую природу: подземные линии не представляют опасности для птиц и других животных, в отличие от воздушных проводов. Также уменьшается вероятность повреждения инфраструктуры в результате неблагоприятных метеоусловий и других внешних факторов. Техническая реализация подземной прокладки ЛЭП требует последовательного выполнения ряда этапов. На начальном этапе осуществляется проектирование, с учётом геологических и инфраструктурных особенностей местности, а также требований по электробезопасности. Далее выполняются земляные работы, включающие в себя рытьё траншей и подготовку основания. После этого осуществляется непосредственная прокладка кабелей, их укладка и закрепление. Затем производится засыпка траншей и восстановление исходного состояния поверхности. Финальным этапом является тестирование системы и её ввод в эксплуатацию. В отличие от подземной прокладки, увеличение высоты опор ЛЭП в условиях городской среды представляется менее целесообразным. Это связано с целым рядом факторов, среди которых можно выделить увеличение стоимости строительства, усложнение проектирования и монтажа, повышение вероятности повреждений, а также значительные трудности при проведении технического обслуживания и ремонтов. Таким образом, с учётом вышеуказанных факторов, подземная прокладка линий электропередачи является наиболее рациональным и эффективным решением как с экономической и технической, так и с экологической точек зрения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Гольдфейн М.Д., Гребенюк Л.В., Степанов М.В. Безопасность жизнедеятельности. Учеб. пособие для студентов заочной формы обучения. – Саратов: изд-во Сарат. ун-та, 2010. –96 с.
2. Тихонов М. Н., Довгуша В. В., Довгуша Л. В. Механизм влияния естественных и техногенных электромагнитных полей на безопасность жизнедеятельности // Анализ риска здоровью. 2014.
3. Березная, А. С. Экологическая проблема загрязнения электромагнитным излучением на рабочих местах с использованием оргтехники ФГБОУ во Омский ГАУ / А. С. Березная, Е. В. Власова // Экологические чтения – 2020 : сборник материалов XI Национальной научно–практической конференции (с международным участием), Омск, 05 июня 2020 года. – Омск: Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина, 2020. – С. 53–57.
4. The International EMF Project [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.who.int/initiatives/the-international-emf-project> (дата обращения: 15.01.2025).
5. International commission on non-ionizing radiation protection (ICNIRP) [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.icnirp.org/> (дата обращения: 15.01.2025).
6. РОССИЙСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ КОМИТЕТ ПО ЗАЩИТЕ ОТ НЕИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ [Электронный ресурс]– URL: <http://www.emf-net.ru> (дата обращения: 15.01.2025).
7. Климова, Т. Ф. Электромагнетизм / Т. Ф. Климова. – Москва : Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Российский университет транспорта", 2022. – 199 с. – ISBN 978-5-7473-1140-4. – EDN VNQQYO.
8. Определение подходов к нормированию воздействия антропогенного электромагнитного поля на природные экосистемы / Григорьев О.А.,

- Бичелдей Е.П., Меркулов А.В. [и др.]. // ЕЖЕГОДНИК Российского национального комитета по защите от неионизирующих излучений 2002. – 2002. – С. 46-75.
9. Харченко, С. Г. Какую опасность для здоровья человека представляют электронные гаджеты? / С. Г. Харченко, Н. К. Жижин // Экология и промышленность России. – 2021. – Т. 25, № 7. – С. 65–71. – DOI 10.18412/1816–0395–2021–7–65–71.
10. Шафигуллин, Р. И. Экологическая безопасность городской среды при воздействии электромагнитных полей / Р. И. Шафигуллин, В. Н. Куприянов // Известия Казанского государственного архитектурно–строительного университета. – 2015. – № 1(31). – С. 171–181.
11. Крушевский Ю.В., Кравцов Ю.И., Бородай Я.А. Влияние электромагнитного излучения устройств сотовой связи на человека // Научные труды Винницкого национального технического университета. – 2008. – №1. – С.17.
12. Сподабаев Ю.М. Основы электромагнитной экологии / Ю.М. Сподабаев, В.П.Кубанов. – Москва: Радио и связь, 2000. – 240 с.
13. International Agency for Research on Cancer (World Health Organization). [Электронный ресурс]. URL: http://www.iarc.fr/en/media-centre/pr/2011/pdfs/pr208_E.pdf (дата обращения 20.03. 2025).
14. Романова, Е. Н. Геоэкологическая оценка Санкт–Петербурга по степени благоприятности для проживания населения / Е. Н. Романова, А. А. Грядская, Б. Ж. Агбаев // Куражсковские чтения : Материалы III Международной научно–практической конференции, Астрахань, 16–17 мая 2024 года. – Астрахань: Астраханский государственный университет им. В.Н. Татищева, 2024. – С. 140–149.
15. Калашников С.Ю., Калашникова Ю.С. Анализ структуры городской транспортной системы и выявление негативных факторов воздействия на городскую среду // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. – 2016. – №2(14). – С.97–102.

16. Медико-биологические аспекты взаимодействия электромагнитных волн с организмом: учебное пособие / В.М. Перельмутер, В.А. Ча, Е.М. Чуприкова. — Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. — 128 с.
17. Климова, Т. Ф. Электромагнетизм / Т. Ф. Климова. — Москва : Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Российский университет транспорта", 2022. — 199 с. — ISBN 978-5-7473-1140-4. — EDN VNQQYU.
18. Васильев А. В., Школов М. А., Перешивайлов Л. А., Лифиренко Н. Г. Мониторинг электромагнитных полей территории городского округа Тольятти и оценка их воздействия на здоровье населения // Известия Самарского научного центра РАН. 2008. №2.
19. Романова, Е. Н. Геоэкологическая оценка Санкт–Петербурга по степени благоприятности для проживания населения / Е. Н. Романова, А. А. Грядская, Б. Ж. Агбаев // Куражсковские чтения : Материалы III Международной научно–практической конференции, Астрахань, 16–17 мая 2024 года. — Астрахань: Астраханский государственный университет им. В.Н. Татищева, 2024. — С. 140–149.
20. Halgamuge M.N. Weak radio–frequency radiation exposure from mobile phone radiation on plants. *Electromagnetic biology and medicine*. 2017. Vol. 36. No. 2. P. 213–235. [Электронный ресурс]. URL: <http://dx.doi.org/10.1080/15368378.2016.1220389> (дата обращения: 20.03.2025).
21. Плесконос, Л. В. Электромагнитное загрязнение урбанизированных территорий от линий электропередач высокого напряжения / Л. В. Плесконос // Известия Юго–Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. — 2015. — № 2(15). — С. 42–47.
22. Афанасьев, Ю. М. Электромагнитное загрязнение окружающей среды / Ю. М. Афанасьев, А. В. Звягинцева // Фундаментальные проблемы системной безопасности : Материалы школы–семинара молодых

- ученых, посвященной 60–летию запуска первого в мире искусственного спутника Земли, Севастополь, 13–15 сентября 2017 года. – Севастополь: Цифровая полиграфия, 2017. – С. 57–62.
23. Изменения в организме, связанные с воздействием электромагнитных полей / Л. Г. Величко, Н. А. Щетинкина, Е. С. Глазьева, А. С. Тихонов // Медико–биологические и педагогические основы адаптации, спортивной деятельности и здорового образа жизни : Сборник научных статей IX Всероссийской очной научно–практической конференции с международным участием, Воронеж, 28–29 апреля 2020 года. – Воронеж: Издательско–полиграфический центр "Научная книга", 2020. – С. 23–26.
24. Леденев, В. И. Электромагнитное излучение. Современное состояние его оценки и нормирования в городской среде / В. И. Леденев, И. В. Матвеева, О. О. Федорова // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. – 2017. – № 1(17). – С. 29–36.
25. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 "Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов".
26. ГОСТ 12.1.006-84. Система стандартов безопасности труда. Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля.
27. Особенности физического развития детей, проживающих в промышленном районе г. Воронежа / О.В. Мячина [и др.] // Global science. Development and novelty: матер. Междун. Научн. конф. – Лондон, 2016. – С.30–36.
28. Хорсева, Н. И. Электромагнитные поля сотовой связи как фактор риска для здоровья детей и подростков (обзор) / Н. И. Хорсева, П. Е. Григорьев // Анализ риска здоровью. – 2023. – № 2. – С. 186-193. – DOI 10.21668/health.risk/2023.2.18. – EDN CLEDIE.

29. ПОСТАНОВЛЕНИЕ "ПРАВИТЕЛЬСТВО САНКТ-ПЕТЕРБУРГА
ПОСТАНОВЛЕНИЕ от 25 декабря 1998 года N 40 О границах
административных районов Санкт-Петербурга. " от 25,12,1998 № 40 //
Российская газета. – 1998
30. Пресман, А.С. Электромагнитное поле и жизнь. — М.: Наука, 2003. —
215 с.