

Научная статья

УДК 504.055(470.21)

DOI: 10.24412/2658-4255-2026-1-16-25



EDN: ERQVZR

Для цитирования:

Стурман В.И., Логиновская А.Н. Электромагнитное загрязнение в центральной части Мурманска: территориальный аспект // Российская Арктика. 2026. Т. 8. № 1. С. 16–25. <https://doi.org/10.24412/2658-4255-2026-1-16-25>

Получена: 07.11.2025
Принята: 04.02.2026
Опубликована: 03.03.2026

For citation:

Sturman VI, Loginovskaya AN. Electromagnetic pollution in the central part of Murmansk: territorial aspect. Russian Arctic. 2026;8(1):16–25. (In Russ.). <https://doi.org/10.24412/2658-4255-2026-1-16-25>



Received: 07.11.2025
Accepted: 04.02.2026
Published: 03.03.2026

Конфликт интересов.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Финансирование.

Исследование не имело спонсорской поддержки

**ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ МУРМАНСКА: ТЕРРИТОРИАЛЬНЫЙ АСПЕКТ**В.И. Стурман^{1*} , А.Н. Логиновская¹ 

¹ Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций имени профессора М.А. Бонч-Бруевича, Санкт-Петербург, Россия

E-mail: *st@izh.com**Аннотация**

Летом 2025 г. центральная часть г. Мурманска, включая территории жилой застройки, рекреационные и зеленые зоны, стала местом выполнения инструментального исследования электромагнитных полей промышленной частоты. Значения, превышающие установленные в России нормативы, обнаружены в единичных пунктах. Кроме того, в 12,8 % точек измерения зафиксировано превышение рекомендуемого в современных зарубежных исследованиях примерного безопасного уровня магнитной индукции 200 нТл. Наиболее высокие значения, 100 – 200 нТл и более приурочены к участкам, расположенным к востоку и северо-востоку от торгового порта, а также в районе улицы Академика Книповича и микрорайона Новое Плато. В непосредственной близости от кабелей наземной и воздушной прокладки и т.п. объектов сетевого хозяйства в единичных случаях отмечены на порядок большие (аномальные) значения. Среди зеленых насаждений и в рекреационных зонах значения магнитной индукции минимальны, в пределах до 10 нТл. Повышенные значения электрических полей (порядка сотен в/м) отмечены лишь вблизи линий электропередачи напряжением 35 кВ. По результатам исследования создана карта с использованием способа изолиний. Показанное на ней распределение значений магнитной индукции отражает особенности природной и техногенной среды города.

Ключевые слова: электромагнитные поля, электрические поля, напряженность, магнитные поля, магнитная индукция, картографирование, Мурманск

ELECTROMAGNETIC POLLUTION IN THE CENTRAL PART OF MURMANSK: TERRITORIAL ASPECTVladimir I. Sturman^{1*} , Alyona N. Loginovskaya¹ 

¹ The Bonch-Bruyevich St. Petersburg State University of Telecommunications, St Petersburg, Russia

E-mail: *st@izh.com**Abstract**

In the summer of 2025, the central part of Murmansk, including residential areas, recreational areas, and green zones, was the site of an instrumental study of industrial-frequency electromagnetic fields. Values exceeding the standards established in Russia were found in a few locations. In addition, 12.8 % of the measurement points exceeded the approximate safe level of magnetic induction of 200 nT recommended in modern foreign studies. The highest values, 100 – 200 nT or more, are confined to areas located to the east and northeast of the commercial port, as well as in the area of Akademika Knipovich Street and the New Plateau microdistrict. In the immediate vicinity of ground and overhead cables, etc., grid facilities have, in isolated cases, significantly higher (abnormal) values. Among green spaces and in recreational areas, the values of magnetic induction are minimal, ranging up to 10 nT. Increased values of electric fields (on the order of hundreds of V/m) were noted only near 35 kV power transmission lines. Based on the results

of the study, a map was created using the isoline method. The distribution of magnetic induction values shown on the map reflects the characteristics of the natural and technogenic environment of the city.

Keywords: electromagnetic fields, electric fields, intensity, magnetic fields, magnetic induction, mapping, Murmansk

Введение

Электромагнитные поля, наряду с другими элементами окружающей среды, подвержены техногенной трансформации. Масштабы этой трансформации постоянно растут, поскольку научно-технический прогресс невозможен без распространения всё новых электротехнических устройств. Электромагнитные поля (ЭМП) от различных источников накладываются и взаимодействуют, приобретая на урбанизированных территориях повсеместный и изменчивый характер. Достаточно отметить, что за последние десятилетия токовые номиналы предохранителей в квартирах увеличились с 5 – 6 до 20 – 25 ампер, что означает увеличение потребляемой мощности в 10 – 25 раз и ЭМП в квартирах в 5 – 6 раз [1]. Медико-биологические эффекты воздействия ЭМП изучаются уже более полувека, при этом в числе наиболее опасных и значимых последствий отмечаются [2–7] нарушения функционирования ряда жизненно важных систем организма, в частности таких как сердечно-сосудистая, эндокринная, иммунная.

В последние десятилетия особое внимание уделяется магнитным полям промышленной частоты, которые ранее считались малоопасными. Так, в 2012 г. А.В. Семенов [8] на основании медико-статистических и экспериментальных данных пришел к выводу о значительной опасности низкочастотных магнитных полей и предложил понизить гигиенический норматив до 200 нанотесла (нТл). Схожие выводы и предложения были разработаны рядом зарубежных исследователей и международных групп экспертов [6–7, 9–11]. Тем не менее, несмотря на наличие многочисленных исследований и публикаций по их результатам, изученность проблемы воздействия ЭМП на организм считается всё ещё недостаточной для принятия решений. Здесь сказываются в числе прочего множественность неблагоприятных факторов окружающей среды в современных городах, а также сложность отождествления с человеком выводов из экспериментов с биологическими объектами с иными анатомо-физиологическими особенностями [12]. Предлагаемый примерный безопасный уровень магнитной индукции 0,2 мкТл (0,2 – 0,4 мкТл в ряде работ) на порядок ниже наиболее строгого из действующих в России гигиенических нормативов – 5 мкТл для жилых помещений и социальных учреждений.

Наряду с результатами медико-биологических исследований, при принятии решений о пересмотре гигиенических нормативов принимаются во внимание также результаты изучения степени распространенности ЭМП тех или иных уровней и подверженности жителей их воздействию [13]. Одно из таких исследований выполнено нами для центральной части г. Мурманска, где исследования подобного рода ранее не выполнялись.

Целью исследования является выявление территориального распределения ЭМП промышленной частоты в центральной части г. Мурманска и оценка влияния на него ландшафтно-геоморфологических и архитектурно-планировочных особенностей города. В качестве гипотезы предполагалось, что специфические климатические и геолого-геоморфологические условия Мурманска, как крупнейшего города Арктической зоны России, через систему действующих в природно-техногенных комплексах взаимосвязей должны найти отражение в распределении показателей ЭМП.

Материалы и методы

Характеристики ЭМП промышленной частоты 50 гц определялись при помощи прибора *Gigahertz Solutions ME 3830 B M/E Analyser*, позволяющего измерять напряженность электрического поля в пределах от 1 до 2000 в/м и магнитную индукцию от 1 до 2000 нТл. В соответствии с требованиями МР 4.3.0177-20. 4.3 измерения выполнялись на уровне 1,8 м от поверхности, а при выявлении повышенных значений – также у поверхности, на предмет возможного влияния кабелей подземной прокладки. Для облегчения последующей интерпретации измерения выполнялись по возможности на участках однородных в отношении использования земель и застройки. Также выполнялись наблюдения на предмет наличия или отсутствия воздушных линий электропередачи в непосредственной близости от точек измерения, и в случаях их наличия проводились дополнительные измерения около них.

Измерения показателей ЭМП выполнены в августе 2025 г. в 109 точках, находящихся в центральной части г. Мурманска, ограниченной ул. Заповедная – ул. Челюскинцев – оз. Семеновским – Верхне-Ростинским шоссе – восточной границей застройки микрорайона Скальный – ул. К. Маркса – ул. Книповича – линией железной дороги.

Для построения изолинейной карты значений магнитной индукции использовались результаты измерений, но при этом статистически аномальные значения для выполнения интерполяции не учитывались. Вместо аномальных значений для соответствующих точек принимались средние значения по типу использования земель с учетом застройки. Точки с повышенными, но не аномальными значениями, обусловленными подземными источниками, в интерполяцию включались. Поскольку линейные размеры аномалий недостаточны для показа в масштабе карты, аномалии, а также обусловленные подземными источниками повышенные значения, показаны на карте значками разного цвета и внутреннего заполнения.

Результаты и их обсуждение

Превышение гигиенических нормативов, принятых в России согласно СанПиН 1.2.3685-21 (1 кВ/м на территории жилой застройки), отмечено в двух случаях: у кабеля и распределительного шкафа на стене дома 4 по Рыбному проезду, и под проводами высоковольтной линии напряжением 35 кВ в районе гаражей по ул. Книповича. В то же время, с учетом изложенных выше сведений о современных оценках последствий воздействия ЭМП промышленной частоты, соблюдение нормативов магнитных полей не является полной гарантией электромагнитной безопасности. Источниками электрических и магнитных полей являются системы электроснабжения и электрические приборы, устройства промышленного и бытового назначения, в т.ч. самыми мощными источниками являются высоковольтные линии.

Электрические поля в пределах изученной части территории Мурманска характеризуются в целом низкими значениями, от 1 до 3 в/м. На 3 порядка более высокие значения зафиксированы у упомянутого выше кабеля и распределительного шкафа (Рыбный проезд, 4) – более 2 кВ/м в непосредственной близости.

Повышенные значения зафиксированы также вблизи двух высоковольтных линий напряжением 35 кВ: вблизи гаражей по ул. Книповича (до 1850 в/м непосредственно под проводами), и у церкви «Спас на водах» (до 680 в/м под проводами, что находится в допустимых пределах). В первом случае уже в 10 м от проекции крайних проводов напряженность снижается до величин, соответствующих допустимому уровню для жилых зон, а в 50 – 100 м не превышает обычных для городских условий 1 – 3 в/м.

Магнитные поля отличаются от электрических высокой проникающей способностью [3], вследствие чего сильно изменчивое совокупное поле от многочисленных разнообразных устройств охватывает всю территорию города. Средняя величина магнитной индукции, исключая точки, расположенные в непосредственной близости от высоковольтных линий, составляет 86 нТл. Если сравнивать её с городами, изученными нами ранее [14], то это - показатели уровня, несколько превышающего средний. На созданной по результатам исследования карте (рис. 1) показано, каким образом значения магнитной индукции распределяются по городской территории.

Пространственное распределение значений магнитной индукции демонстрирует концентрацию повышенных показателей к востоку и северо-востоку от торгового порта, между ул. Челюскинцев и железной дорогой, а также в районе улиц Академика Книповича – Новое Плато (рис. 1).

Анализ данных по типам использования территории и застройки, представленный в табл. 1, выявил специфику Мурманска. Как следует из табл. 1, наибольшими величинами магнитной индукции отличается среднеэтажная застройка 1930 – 1950-х гг. («сталинки»). Этим Мурманск отличается от всех изученных ранее городов России (Москва, Санкт-Петербург, Казань, Саратов, Ульяновск, Астрахань и др.) [14] и Западной Европы [15], где наибольшими показателями отличается историческая застройка. В Мурманске историческая застройка отсутствует, но выполняемые ею функции (приуроченность к историческому центру города, наибольшая концентрация учреждений общественного питания и медицинских), приводящие к сосредоточению мощного электрооборудования, формируют здесь повышенный электромагнитный фон.

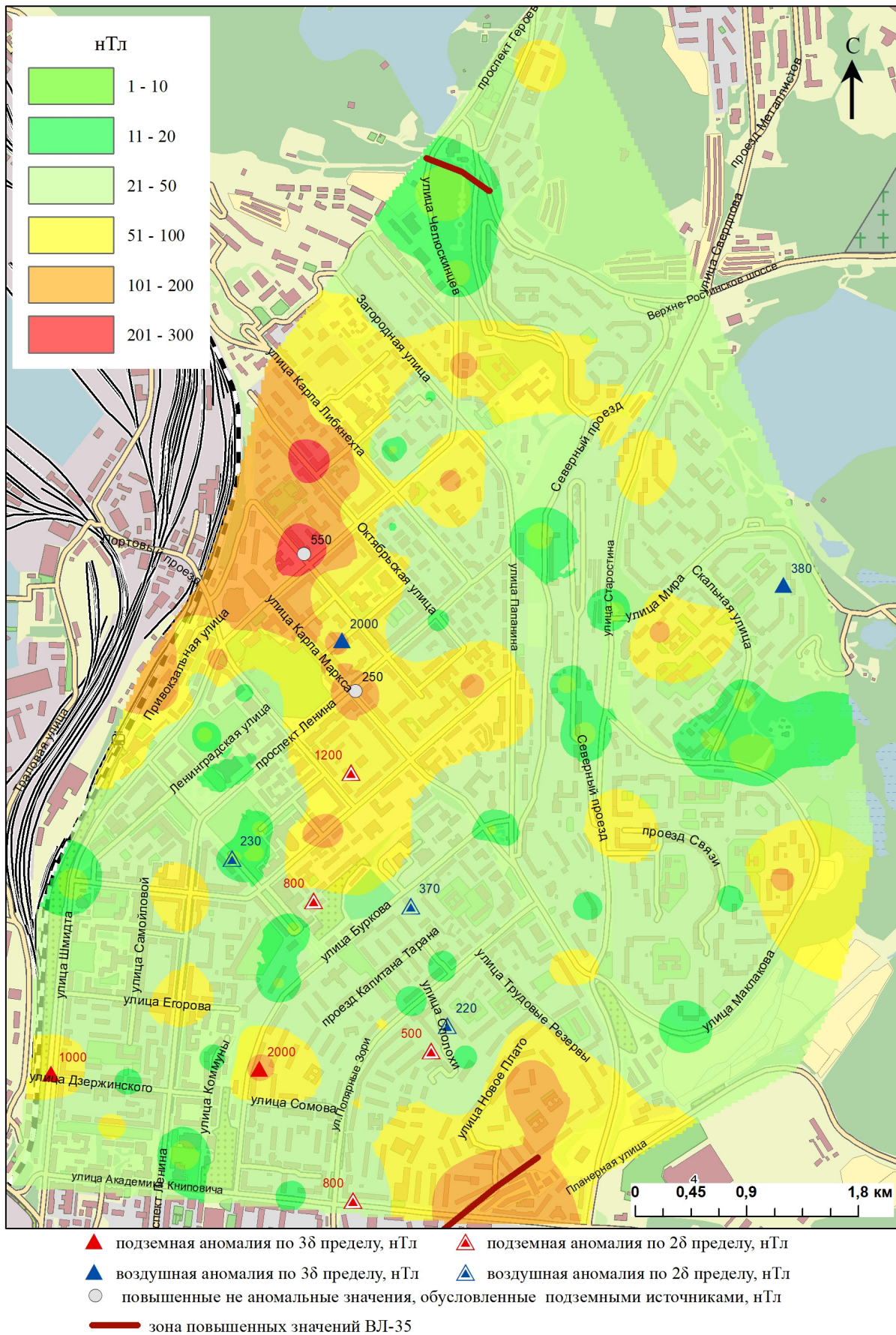


Рисунок 1. Схематическая карта распределения значений магнитной индукции (нТл) в центральной части г. Мурманска

Относительно повышенные значения в пределах многоэтажной панельной застройки 1970 – 1980-х гг. («брежневки») также вполне закономерны. Основной массив застройки данного типа (микрорайон Скальный) характеризуется расчлененным

рельефом и близким к поверхности залеганием скальных пород, что не благоприятствует подземной прокладке сетей электроснабжения. Как результат, здесь не выявлено ни одной аномалии, связанной с кабелями подземной прокладки, но значения вблизи воздушных линий существенно выше, чем на удалении от них (табл. 1). Различия по оставшимся типам застройки можно оценить, как находящиеся в пределах статистической погрешности.

Минимальные значения, как и в других городах, приурочены к рекреационным и другим зеленым зонам. При этом среднее значение по данному типу использования земель – 7 нТл – оказалось несколько выше, чем в изученных ранее городах (4 – 5 нТл). Это тоже отражает особенности планировки города, такие как отсутствие в пределах центральной части крупных парков и наличие многочисленных небольших по размерам зеленых зон, часто приуроченных к неудобным для застройки крутым участкам склонов. В силу размеров и конфигурации таких парков и зеленых зон, в них в той или иной степени сказывается влияние ЭМП, сформировавшихся на соседних застроенных территориях.

Таблица 1

Средние значения и изменчивость показателей магнитной индукции по частям города с разным характером использования земель и застройки и в зависимости от наличия или отсутствия электрических проводов и/или кабелей в непосредственной близости от точки измерения

Тип использования земель и застройки, наличие/отсутствие проводов	Число измерений	Сред. значение, нТл	Среднее квадр. отклонение (δ)	Кoeff. вариации, %	Сред. значение, нТл при исключении аномалий по 3δ и 2δ пределам	Сред. значение, нТл при исключении аномалий и повыш. значений, связанных с подзем. кабелями
Среднеэтажная 1930–50-х гг. («сталинки»)	28	129	154	119	93	83
В т.ч. с проводами	5				73	
В т.ч. без проводов	23	141			98	
Среднеэтажная 1950–60-х гг. («хрущевки») кирпичные	13	55	72	131	26	26
Среднеэтажная 1950–60-х гг. («хрущевки») панельные	7	85	83	98	85	40
Многоэтажная 1970–80-х гг. («брежневки») кирпичные	5	286				37
Многоэтажная 1970–80-х гг. («брежневки») панельные	29	61	73	120	50	50
В т.ч. с проводами	9				86	
В т.ч. без проводов	20				36	
Мало-, средне- и многоэтажная последних лет	6	85	156	184	32	32
Рекреационная	15	22	56	255	7	7
В т.ч. с проводами	2	129	1	50	27	
В т.ч. без проводов	13	5			5	

Аномальные значения магнитной индукции. Для всех элементов городской территории характерна значительная вариабельность показателей магнитной индукции. В процессе статистической обработки данных в соответствии с общепринятыми процедурами были определены средние квадратические отклонения (δ) и установлены границы аномальных значений, превышающие средние более чем на двукратную или трехкратную величину среднеквадратического отклонения (табл. 2). После исключения статистических аномалий средние значения показателей снижаются (табл. 1). К основным причинам формирования аномальных значений относятся:

- кабели, проложенные ниже поверхности земли, идентифицируемые по резкому возрастанию показателей на уровне земли;
- визуально наблюдаемые воздушные линии электропередачи, влияние которых подтверждается существенным снижением показателей при удалении от них;
- неустановленные факторы, предположительно связанные с мощным электрооборудованием в близлежащих зданиях.

Таблица 2

Пределы аномальных значений магнитной индукции

Тип застройки	2 δ предел	3 δ предел
Среднеэтажная 1930–50-х гг. («сталинки»)	437	591
Среднеэтажная 1950–60-х гг. («хрущевки») кирпичные	199	271
Среднеэтажная 1950–60-х гг. («хрущевки») панельные	251	336
Многоэтажная 1970–80-х гг. («брежневки») панельные	207	280
Мало-, средне- и многоэтажная последних лет	397	553
Рекреационная	138	194

Выявленные аномалии классифицированы на воздушные и грунтовые в зависимости от расположения источников. Аномалии от воздушных источников учитывались при интерполяции для построения карты, тогда как локальные аномалии от подземных кабелей исключались из интерполяции, как локально выраженные. Пространственное положение аномалий представлено на карте (рис. 1), а их характеристики – в табл. 3.

Таблица 3

Сведения о выявленных аномальных значениях магнитной индукции

Места измерений	Измеренные значения, нТл	Характер использования и застройки	Наиболее вероятный источник	Дополнительная информация
Воровского, 16	230 \uparrow	Среднеэтажная 1950–60-х гг. («хрущевки») панельные	Подземный кабель	На асфальте до 800 нТл
Капитана Буркова, 39	370 \downarrow	Многоэтажная 1970–80-х гг. («брежневки») кирпичные	Электроприборы в доме	На земле меньше, проводов нет
Полярные Зори, 41–2	220 \downarrow	Среднеэтажная 1950–60-х гг. («хрущевки») кирпичные	Электроприборы в доме	На земле меньше, проводов нет

Места измерений	Измеренные значения, нТл	Характер использования и застройки	Наиболее вероятный источник	Дополнительная информация
Полярные Зори, 33–3	210↑	Среднеэтажная 1950–60-х гг. («хрущевки») кирпичные	Подземный кабель	На асфальте до 500 нТл
Полярные Зори, 19	402↑	Мало-, средне- и многоэтажная последних лет	Подземный кабель	На асфальте до 800 нТл
Рыбный проезд, 4	>2000↓↓	Среднеэтажная 1930–50-х гг. («сталинки»)	Кабель и распредел. шкаф на стене дома	
Капитана Буркова, 19а	950↑↑	Многоэтажная 1970–80-х гг. («брежневки») кирпичные	Подземный кабель	На асфальте более 2000 нТл
Шмидта, 35а	710↑↑	Среднеэтажная 1930–50-х гг. («сталинки»)	Подземный кабель	На асфальте до 1000 нТл
Скальная, 17	380↓↓	Многоэтажная 1970–80-х гг. («брежневки») панельная	Провода	
ул. Воровского, павильоны	230↓	Рекреационная	Столб с кабелями	
Профсоюзов, 22, двор	480↑	Среднеэтажная 1930–50-х гг. («сталинки»)	Подземный кабель	На асфальте до 1000 нТл

Примечания:

1. Одна стрелка – аномалия по 2б пределу;
2. Две стрелки – аномалия 3б пределу;
3. ↓ – Аномалия, обусловленная проводами и другими возможными воздушными источниками;
4. ↑ – Аномалия, обусловленная подземным источником.

Кроме того, в 2-х точках (показаны на карте значками) повышенные значения магнитной индукции вблизи поверхности земли (асфальта, плитки) указывают на влияние подземных источников, но при этом на уровне 1,8 м они находятся ниже предела аномальных значений для типа использования земель и застройки. Т.е. эти значения повышенные, но с точки зрения статистики не аномальные. Следовательно, в общей сложности влияние подземных источников обнаруживается в 10 точках (9,2 %), что соответствует среднему уровню по сравнению с другими исследованными городами [14].

Выводы

В пределах изученной территории центральной части г. Мурманска превышения норматива электрического поля промышленной частоты для территорий жилых зон 1000 в/м выявлены в единичных точках в непосредственной близости от высоковольтной линии и у распределительного шкафа. Превышений нормативов магнитной индукции не отмечено, но в 12,8 % точек измерения отмечены превышения ориентировочного безопасного уровня магнитной индукции 0,2 мкТл. В Мурманске относительно слабо (в сравнении с другими городами) выражены различия характеристик ЭМП в зависимости от типов застройки, а также наличия или отсутствия кабелей, или проводов в непосредственной близости.

Историческая застройка, к которой обычно бывают приурочены наиболее высокие уровни магнитной индукции, в Мурманске отсутствует. Но электромагнитную обстановку формируют не типы застройки, а выполняемые ею экономические и социальные функции, и, в частности, приуроченная к центрам городов концентрация

заведений общественного питания и медицинских, где часто используется мощное оборудование. В Мурманске это – здания постройки 1950-х гг. («сталинки»), и именно им свойственны максимальные по типам застройки значения магнитной индукции. Распространение повышенных (аномальных) значений магнитной индукции, обусловленных кабелями подземной прокладки, обнаруживает определенную зависимость от геолого-геоморфологических условий: их нет в районах города с близким к поверхности залеганием скальных пород, и они есть на территориях, где с поверхности залегают рыхлые отложения.

Особенности рельефа, и прежде всего уклоны поверхности, определяют пригодность участков территории для застройки и других видов использования. В Мурманске наиболее активно застраивались прилегающие к Кольскому заливу территории с минимальными значениями уклонов. Застройка (как жилая, так и промышленная) предполагает создание и функционирование систем электроснабжения и, соответственно, уровни формируемых ими ЭМП. Террасированный рельеф Мурманска, с чередованием выровненных и наклонных участков, имеет следствием мозаичное чередование застроенных участков и зеленых зон на склонах. При этом важно отметить, что уклоны и расчлененность рельефа создают дополнительные трудности при функционировании линий электропередачи, повышая вероятность аварий и затрудняя принятие мер по ликвидации их последствий. В условиях Заполярья это особенно значимо, и аварийная ситуация в январе 2026 г. наглядно это продемонстрировала.

Минимальные значения, как и везде, приурочены к рекреационным зонам. Однако ввиду относительно небольших размеров рекреационных и других зеленых зон, обычно приуроченных к крутым склонам, минимум этот выражен слабее, чем в других городах.

Таким образом, принятая рабочая гипотеза подтвердилась, и в Мурманске, как и в других городах, на распределении значений ЭМП сказываются исторически сложившиеся архитектурно-планировочные, а также ландшафтные особенности города. На распределении значений ЭМП они сказываются косвенно, через различия в характере освоения и хозяйственного использования территорий.

Специфическими особенностями Мурманска можно считать существенное влияние на распределение ЭМП со стороны элементов рельефа и глубин залегания скальных пород. Поскольку близость залегания скальных пород затрудняет сооружение опор линий электропередачи, максимально полный учет особенностей элементов рельефа и глубин залегания скальных пород следует рассматривать как важное условие безаварийного функционирования систем энергоснабжения. В целом, рисунок пространственного распределения ЭМП в г. Мурманске может рассматриваться как его уникальная особенность, обусловленная комплексом природных, социально-экономических и исторически факторов.

Список литературы:

1. Сподобаев Ю.М., Кубанов В.П. Основы электромагнитной экологии. М.: Радио и связь, 2000. 240 с.
2. Яковлева М.И. Физиологические механизмы действия электромагнитных полей. Л.: Медицина, 1973. 175 с.
3. Тихонов М.Н., Довгуша В.В., Довгуша Л.В. Механизм влияния естественных и техногенных электромагнитных полей на безопасность жизнедеятельности // Экологическая экспертиза. 2013. № 6. С. 48–65.
4. Non-ionizing radiation, Part 1, Static and extremely low-frequency (ELF) electric and magnetic fields. IARC working group on the evaluation of cancerogenic risks to humans. Lyon. France. 2002. 432 p.
5. Rifai A.B. Hakami M.A. Health hazards of electromagnetic radiation. Journal of Biosciences and Medicines. 2014. No 2. P. 1–12.
6. Brabant C., Geerinck A., Beaudart C., Tirelli E., Geuzaine C., Bruyere O. Exposure to magnetic fields and childhood leukemia: a systematic review and meta-analysis of case-control and cohort studies // Reviews on Environmental Health. Vol. 38. No. 2. 2023. P. 229–253. <https://doi.org/10.1515/reveh-2021-0112>
7. Malagoli C., Malavolti M., Wise L.A., Balboni E., Fabbi S., Teggi S. et al. // Residential exposure to magnetic fields from high-voltage power lines and risk of childhood leukemia. Environmental research. 2023. Vol. 232. 116320. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.116320>

8. Семенов А.В. Обоснование предельно допустимых норм на индукцию магнитных полей промышленной частоты для человека // Известия Томского политехнического университета. 2012. Т. 321. № 1. С. 197–200.
9. Opinion on possible effects of electromagnetic Fields (EMF), radio frequency fields (RF) and microwave radiation on human health expressed at the 27th CSTEE plenary meeting Brussels. 2001. URL: https://health.ec.europa.eu/publications/opinion-possible-effects-electromagnetic-fields-emf-radio-frequency-fields-rf-and-microwave_en (дата обращения 16.08.2025).
10. National precautionary policies on magnetic fields from power lines in Belgium, France, Germany, the Netherlands and the United Kingdom. 10. RIVM Report 2017-0118. P. 56. <https://doi.org/10.21945/RIVM-2017-0118>
11. Directive 2004/40/EC of the European Parliament and of the Council, "The Minimum Health and Safety Requirements Regarding the Exposure of Workers to the Risks Arising from Physical Agents (Electromagnetic Fields)." Official Journal of the European Union. 2004. L184. Vol. 30. No. 4. P. 1–9.
12. Сподобаев Ю.М. Электромагнитная реальность: частотная зависимость воздействий // Инфокоммуникационные технологии. 2024. Т. 22 №3 (87). С. 100–107. <https://doi.org/10.18469/ikt.2024.22.3.12>
13. Прокофьева А.С., Григорьев О.А. Оценка численности населения, проживающего вблизи воздушных линий электропередачи, по критерию экспозиции магнитным полем промышленной частоты (на примере Московского региона) // Всероссийская конференция «Актуальные проблемы радиобиологии и гигиены неионизирующих излучений». Москва, 12–13 ноября 2019 г. М.: 2019. С. 159–160.
14. Стурман В.И. Ландшафтные и техногенные факторы электромагнитного загрязнения урбанизированных территорий // Современные проблемы ландшафтоведения и геоэкологии: Материалы VII Междунар. науч. конф., посвящ. 90-летию каф. геогр. экологии Белорус. гос. ун-та, Минск, 11–15 ноября 2024 г. Минск: БГУ, 2024. С. 36–41.
15. Стурман В.И., Логиновская А.Н. Техногенные электромагнитные поля на городских территориях и подходы к их картографированию // Известия РАН. Серия географическая, 2022, Т. 86. № 2. С. 255–267. <https://doi.org/10.31857/S2587556622020091>

References:

1. Spodobaev YuM, Kubanov VP. Fundamentals of Electromagnetic Ecology. Moscow: Radio and Communications; 2000. 240 p. (In Russ.).
2. Yakovleva MI. Physiological Mechanisms of the Effects of Electromagnetic Fields. Leningrad: Meditsina. 1973;175 p. (In Russ.).
3. Tikhonov MN, Dovgusha VV, Dovgusha LV. The Mechanism of the Influence of Natural and Technogenic Electromagnetic Fields on Life Safety. *Ekologicheskaya ekspertiza = Environmental Expertise*. 2013;(6):48–65. (In Russ.).
4. Non-ionizing radiation, Part 1, Static and extremely low-frequency (ELF) electric and magnetic fields/IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Lyon. France. 2002; 432 p.
5. Rifai AB, Hakami MA. Health Hazards of Electromagnetic Radiation. *Journal of Biosciences and Medicines*. 2014;(2) P. 1–12.
6. Brabant C, Geerinck A, Beaudart C, Tirelli E, Geuzaine C, Bruyere O. Exposure to magnetic fields and childhood leukemia: a systematic review and meta-analysis of case-control and cohort studies. *Reviews on Environmental Health*. 2023;38(2): 229–253. <https://doi.org/10.1515/reveh-2021-0112>
7. Malagoli C., Malavolti M., Wise L.A., Balboni E., Fabbi S., Teggi S. et al. Residential exposure to magnetic fields from high-voltage power lines and risk of childhood leukemia. *Environmental research*. 2023;232:116320. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.116320>
8. Semenov AV. Justification of the maximum permissible standards for the induction of magnetic fields of industrial frequency for humans. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta*. 2012;321(1):197–200. (In Russ.).
9. Opinion on possible effects of electromagnetic fields (EMF), radio frequency fields (RF) and microwave radiation on human health expressed at the 27th CSTEE plenary meeting Brussels. 30 October 2001. URL: http://ec.europa.eu/health/ph_risk/committees/sct/documents/ (Assessted 16.08.2024).
10. National precautionary policies on magnetic fields from power lines in Belgium, France, Germany, the Netherlands and the United Kingdom. RIVM Report 2017-0118 <https://doi.org/10.21945/RIVM-2017-0118>

doi.org/10.21945/RIVM-2017-0118:56

11. Directive 2004/40/EC of the European parliament and of the Council, "The Minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (electromagnetic fields". Official Journal of the European Union. 2004;L184:30(4):1–9.
12. Spodobaev YuM. Electromagnetic reality: frequency dependence of effects. Infokommunikacionnyeologii = Infocommunicating technologies. 2024;22(3):100–107. (In Russ.).
13. Prokofieva AS, Grigoriev OA. Assessment of the population living near overhead power lines by the criterion of exposure to a magnetic field of industrial frequency (on the example of the Moscow region). In: Proceedings of scientific conference "Actual problems of radiobiology and hygiene for non-ionizing radiation", November 12–13, 2019, Moscow; 2019:109–110. (In Russ.).
14. Sturman VI. Landscape and technogenic factors of electromagnetic pollution in urbanized territories. In: Modern problems of landscape science and geocology: proceedings of the 7th International scientific conference. 90th anniversary of the department of geography and ecology at the Belarusian state university. Minsk. November 11–15, 2024. Belarusian state university. Minsk. BSU. 2024;36–41. (In Russ.).
15. Sturman VI, Loginovskaya AN. Technogenic electromagnetic fields in urban areas and approaches to their mapping. Izvestiya of the Russian academy of sciences. Geographical series. 2022;86(2):255–267. (In Russ.). <https://doi.org/10.31857/S2587556622020091>