



Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2024. Т. 24, вып. 4. С. 243–249

Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences, 2024, vol. 24, iss. 4, pp. 243–249

<https://geo.sgu.ru>

<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2024-24-4-243-249>, EDN: KGJNUC

Научная статья

УДК 504.055(470.44)



Исследование пространственного распределения электромагнитных полей промышленной частоты в центральной части города Саратова

В. И. Стурман[✉], А. Н. Логиновская

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций имени профессора М. А. Бонч-Бруевича, Россия, 193232, г. Санкт-Петербург, пр. Большевиков, д. 22

Стурман Владимир Ицхакович, доктор географических наук, профессор, профессор кафедры экологической безопасности телекоммуникаций, st@izh.com, <https://orcid.org/0000-0003-2467-9997>

Логиновская Алёна Николаевна, кандидат географических наук, доцент кафедры экологической безопасности телекоммуникаций, aloginovskaja@bk.ru, <https://orcid.org/0009-0007-3215-0707>

Аннотация. Выполнено картографическое исследование электрических и магнитных полей промышленной частоты в центральной части г. Саратова. Измерения при помощи прибора Gigahertz Solutions ME 3830 В М/Е Analyser выполнены в 177 пункте в пределах застроенных территорий и рекреационных зон. Исследование показало, что напряженность электрических полей и магнитная индукция повсеместно не превышают гигиенических нормативов, но в 15,8% пунктов измерения выявлены превышения ориентировочного безопасного уровня магнитной индукции по данным новейших зарубежных исследований. Показатели напряженности выше 1–3 В/м отмечены в единичных случаях. Показатели магнитной индукции изменяются в более широких пределах, достигая 100–200 нТл в исторической застройке и до 2000 нТл и более в аномалиях, обусловленных воздействием кабелей подземной и воздушной прокладки. Минимальные значения, до 20 нТл, фиксируются в рекреационных зонах. Сильное влияние на показатели оказывает наличие или отсутствие проводов в непосредственной близости от точек измерения. По результатам исследования в программе ArcGIS с использованием метода билинейной интерполяции создана карта интерполяции.

Ключевые слова: электромагнитные поля, электрические поля, напряженность, магнитные поля, магнитная индукция, картографирование, г. Саратов

Для цитирования: Стурман В. И., Логиновская А. Н. Исследование пространственного распределения электромагнитных полей промышленной частоты в центральной части города Саратова // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2024. Т. 24, вып. 4. С. 243–249. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2024-24-4-243-249>, EDN: KGJNUC

Статья опубликована на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY 4.0)

Article

Research of spatial distribution of electromagnetic fields of industrial frequency in the central part of the city of Saratov

V. I. Sturman[✉], A. N. Loginovskaya

The Bonch-Bruevich St. Petersburg State University of Telecommunications, 22, building 1 Bolshevikov Prospect, St. Petersburg 193232, Russia

Vladimir I. Sturman, st@izh.com, <https://orcid.org/0000-0003-2467-9997>

Alyona N. Loginovskaya, aloginovskaja@bk.ru, <https://orcid.org/0009-0007-3215-0707>

Abstract. The cartographic research of electric and magnetic fields of industrial frequency in the central part of Saratov was performed. Measurements by means of the Gigahertz Solutions ME 3830 В М/Е Analyser were executed in the 177 points within the built-up territories and recreational zones. The research showed that tension of electric fields and magnetic induction everywhere do not exceed hygienic standards, but in 15,8% of measurement points excesses of approximate safe level of magnetic induction were revealed according to the latest foreign researches. Indicators of tension above 1–3 V/m are noted in isolated cases. Magnetic induction indices vary over a wider range, reaching 100–200 nTl in historical buildings and up to 2000 nTl and more in the anomalies caused by the influence of underground cables and air laying. The minimum values up to 20 nTl are fixed in recreational zones. Strong impact on indicators is exerted by the existence or lack of wires in close proximity to measurement points. Based on the study results an interpolation map in the ArcGIS program using the bilinear interpolation method was created.

Keywords: electromagnetic fields, electric fields, tension, magnetic fields, magnetic induction, mapping, Saratov

For citation: Sturman V. I., Loginovskaya A. N. Research of spatial distribution of electromagnetic fields of industrial frequency in the central part of the city of Saratov. *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2024, vol. 24, iss. 4, pp. 243–249 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2024-24-4-243-249>, EDN: KGJNUC

This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC-BY 4.0)



Введение

Электромагнитные поля (ЭМП), превышающие уровни, обусловленные их естественными источниками (для ЭМП промышленной частоты природный фон отсутствует), – весьма актуальный на сегодня специфический и слабо изученный вид загрязнения окружающей среды. Известно [1], что формируемые одним источником электрические и магнитные поля существуют только вместе, причем первые практически полностью определяются действительным напряжением (не всегда соответствующим номинальному), а вторые сильно зависят от текущей нагрузки электроприбора или линии электроснабжения.

Медико-биологические последствия воздействия ЭМП, включая нарушения обмена веществ, функционирования сердечно-сосудистой, эндокринной, иммунной и репродуктивной систем, исследуются на протяжении многих десятилетий [2–5]. Однако, несмотря на длительную историю исследования и большое число публикаций, изученность проблемы остается недостаточной, о чем свидетельствуют огромные различия гигиенических нормативов ЭМП – до 3-4 порядков по разным странам. В частности, для считавшихся ранее малоопасными низкочастотных магнитных полей по результатам многочисленных исследований (например, исследования в Бельгии [6] и Италии [7], выявившие статистически значимый рост риска развития лейкемии у детей, подверженных воздействию магнитных полей высоковольтных линий) определен ориентировочный безопасный уровень магнитной индукции 0,2–0,4 микротесла (мкТл) [8, 9]. Это на порядок ниже установленных в России нормативов [10] и на 3 порядка ниже безопасного уровня согласно рекомендаций Всемирной организации здравоохранения, Международной комиссии по защите от неионизирующих излучений (ICNIRP) [11] и Консультативного совета Европейского союза [12]. Постепенный переход к нормативам указанного уровня рассматривается как перспективная цель для стран Европейского Союза [13], причем в Швеции такой переход уже состоялся.

С учетом социально-экономических реалий при решении вопросов о введении в действие тех или иных гигиенических нормативов учитываются не только результаты опытов с лабораторными животными (сказываются, в частности, трудностями переноса на человека выводов, сделанных по результатам изучения реакций биологических объектов с иным строением тела и физиологией), но также результаты исследований реального распространения в окружающей среде и в том числе в урбанизированной среде ЭМП с теми или иными характеристиками, и количества жителей, подверженных их воздействию [14]. Одно из исследований такого рода было выполнено нами в пределах центральной части г. Саратова. В Саратове в рамках выполненных ранее

исследований [15, 16] была выполнена инвентаризация источников ЭМП (высоковольтные линии, объекты электротранспорта, передающие радиотехнические объекты) и их зон влияния, определяемых расчетным путем и/или по данным санитарных паспортов; создана ГИС, содержащая соответствующие сведения. Имеется пример картографирования зоны влияния радиопередающих устройств [17]. Картографирование ЭМП промышленной частоты на основе инструментальных данных, судя по опубликованным материалам [15–17], ранее не выполнялось.

Материалы и методы

Измерения показателей ЭМП промышленной частоты 50 гц в Саратове были выполнены в июле–августе 2024 г. при помощи прибора Gigahertz Solutions ME 3830 В М/Е Analyser (Safe Living Technologies, Inc. (Канада); страна-производитель Германия). Данный прибор позволяет измерять напряженность электрического поля в пределах от 1 до 2000 В/м и магнитную индукцию от 1 до 2000 нТл. За исключением отдельных точек, для измерений в центральной части г. Саратова этого оказалось достаточно. Согласно МР 4.3.0177-20. 4.3 [18], измерения выполнялись на уровне 1,8 м от поверхности земли и при наличии повышенных значений дополнялись измерениями у поверхности земли. Поскольку датчик магнитного поля в составе прибора имеет одну координатную ось, при определении значений магнитной индукции выбиралось положение прибора, обеспечивающее совпадение указанной оси датчика и направления полного вектора магнитного поля, что фиксировалось по максимальному для данной точки значению. Это значение и принималось за результат. Для удобства определения средних характеристик по типам застройки измерения выполнялись по возможности на однородно застроенных участках. Вблизи заброшенных зданий и строений измерения не выполнялись. Измерения были выполнены в 177 точках на территории, ограниченной берегом Волги, улицей Б. Горная, железной дорогой, улицами Рабочая, Хользунова и ПККиО им. М. Горького.

Анализ пространственного распределения ЭМП промышленной частоты в центральной части г. Саратова выполнялся с помощью программного продукта ArcGis [19]. Создана цифровая карта магнитной индукции с интерполяцией раstra методом обратного взвешенных расстояний в пределах границ территории исследования. При использовании данного метода значение показателя в некоторой точке получается как средневзвешенная сумма значений в исходных точках. Весовые характеристики значений принимаются обратно пропорциональными расстоянию: чем дальше исходная точка удалена, тем меньше её вес при оценке [20].



При построении карты распределения значений магнитной индукции в интерполяцию включались точки, значения в которых отличались от средних для данного типа использования территории и застройки не более чем на двойную величину среднего квадратического отклонения. Точки с превышениями этих величин обозначены на карте значками и характеризуются ниже отдельно как аномальные, а при интерполяции для них принимались средние значения по соответствующему типу использования территории и застройки.

Результаты и их обсуждение

Превышений действующих нормативов электрических и магнитных полей промышленной частоты в рамках исследования не зафиксировано. Однако с учетом изложенных выше новейших данных о воздействиях магнитных полей и тенденций в области их нормирования это не может рассматриваться как гарантия электромагнитной безопасности.

Электрические поля. В пределах изученной территории г. Саратова отсутствуют воздушные высоковольтные линии электропередачи – наиболее мощные источники ЭМП на урбанизированных территориях, вблизи которых значения напряженности могут достигать десятков кВ/м [1]. Соответственно, источниками электрических полей в центральной части г. Саратова являются только локальные сети электроснабжения, электроприборы и оборудование различного назначения. Поэтому значения напряженности повсеместно были значительно ниже предельно допустимого уровня – 1000 В/м для территорий жилой застройки, согласно СанПиН 1.2.3685-21 [10]. Наибольшие измеренные значения составляют 56 В/м на пересечении улиц Московская и Университетская и 48 В/м на пересечении улиц Московская и Астраханская, что примерно в 20 раз ниже допустимого уровня. В подавляющем большинстве случаев напряженность была значительно ниже, от 1 до 3 В/м, что находится на уровне погрешности измерения и может рассматриваться как техногенный фон.

Магнитные поля обладают более высокой проникающей способностью [3] и вследствие этого их уровни не могут быть оценены как однозначно безопасные. Средняя для изученной территории величина магнитной индукции составила 114 нТл; при этом значения, превышающие 200 нТл, зафиксированы в 15,8% точек. Если сравнивать с другими городами [21], то это один из наиболее высоких показателей.

Распределение значений магнитной индукции показано на созданной по материалам настоящего исследования карте (рис. 1).

Как видно из рис. 1, наибольшие значения магнитной индукции свойственны участкам улиц с исторической застройкой, а наименьшие –

рекреационным зонам. Поскольку историческая застройка в центральной части Саратова представлена широко, но при этом мозаично чередуется с более современной, пространственное распределение показателей имеет довольно сложный характер.

В г. Саратове, как и в изученных ранее городах [21], показатели магнитной индукции зависят от характера застройки и других форм использования земель. Другим фактором, роль которого непосредственно выявлялась в процессе измерений и оказалась весьма существенной, является наличие или отсутствие проводов и кабелей в непосредственной близости от точки измерения. Понятно, что не каждый провод находится под высокой нагрузкой, но на уровне средних значений роль воздушных линий электропередачи вполне очевидна. Роль типа использования и застройки земель выявляется «при прочих равных», т. е. при исключении влияния проводов как очевидного и значимого источника ЭМП. Соответствующие средние значения и показатели изменчивости представлены в табл. 1. Из нее следует, что наибольшие средние значения магнитной индукции свойственны рынкам и исторической застройке, а наименьшие – зонам рекреации. В остальных типах застройки значения магнитной индукции находятся между указанными крайностями, а дифференциация выражена в меньшей степени.

Максимальные значения магнитной индукции в исторических центрах городов широко распространены как в России, так и зарубежной Европе [22]. Общей причиной является нагрузка на сети от современных электроприборов, во многих случаях не соответствующая электропроводке, созданной десятилетия назад, «в стесненных условиях», когда изначальная конструкция сооружений вообще не предусматривала электроснабжения. Кроме того, в исторических центрах городов широко распространены заведения общественного питания с мощным электрооборудованием для готовки и подогрева, холодильниками и кондиционерами, располагаются медицинские центры с оборудованием, создающим значительные нагрузки. Саратов также не является исключением.

Аномальные значения магнитной индукции. Из табл. 1 также видно, что во всех типах застройки и использования земель показатели магнитной индукции характеризуются высокой изменчивостью, и при исключении аномальных значений средние характеристики существенно снижаются. Причинами аномалий могут быть:

- кабели подземной прокладки, выявляемые по существенному увеличению показателей вблизи поверхности земли;
- провода и кабели воздушной прокладки, роль которых выявляется по существенному снижению показателей при удалении от них;

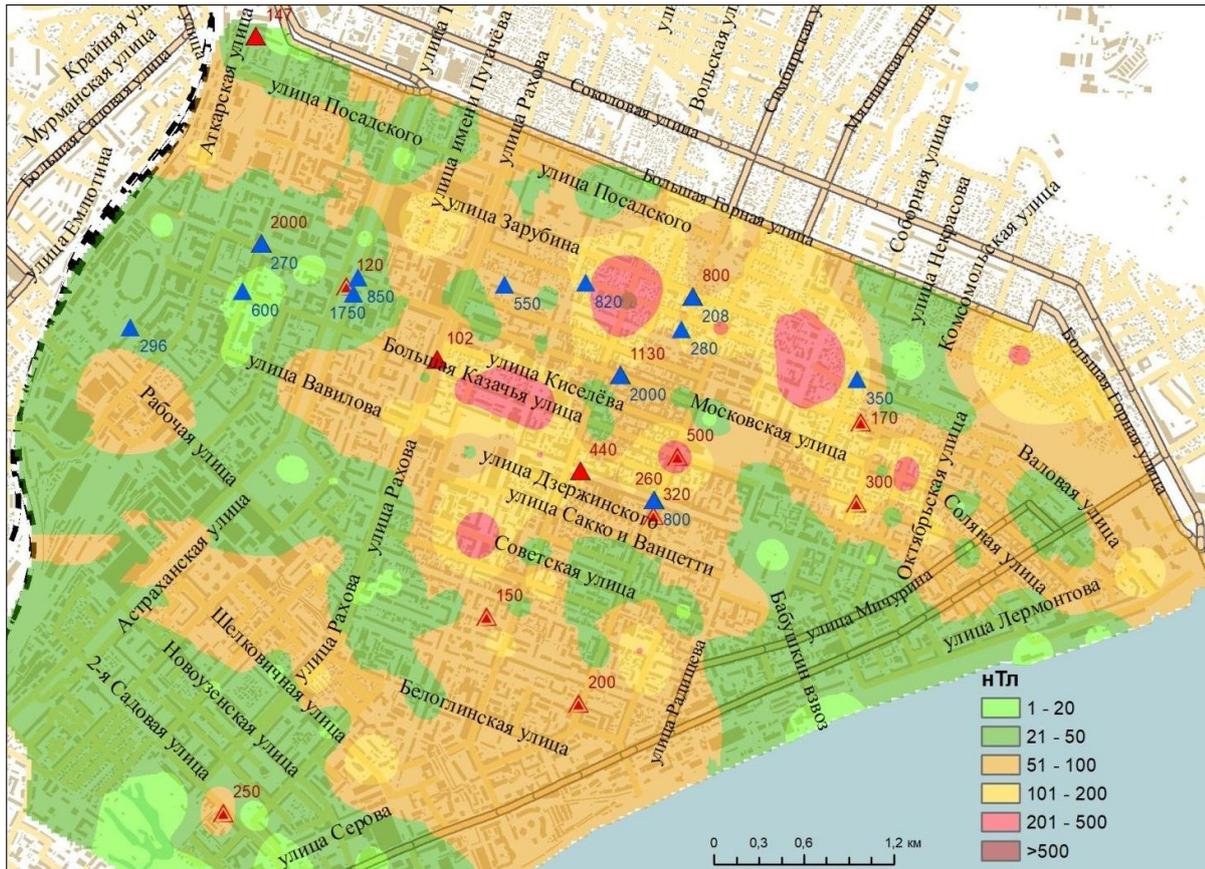


Рис. 1. Схематическая карта распределения значений магнитной индукции в центральной части г. Саратова, нТл: ▲ – воздушная аномалия, ▲ – грунтовая аномалия по 2δ пределу, ▲ – грунтовая аномалия по 3δ пределу (цвет онлайн)

Таблица 1

Распределение показателей магнитной индукции по территориям г. Саратова с разным характером использования и застройки и в зависимости от наличия или отсутствия в непосредственной близости от точки измерения электрических проводов и/или кабелей

Тип застройки, наличие / отсутствие проводов	Число измерений	Среднее значение, нТл	Среднее квадр. отклонение (δ)	Коэф. вариации, %	Среднее значение при исключении аномалий по 3δ и 2δ пределам, нТл
Историческая	59	177	222	125	145
В том числе с проводами	35	256	250	97,7	202
В том числе без проводов	24	61	55	90,2	49
Среднеэтажная 1930–1950-х гг. («сталинки»)	15	62	64	103	48
В том числе с проводами	3	126			
В том числе без проводов	12	46	39	84,8	31
Среднеэтажная 1950–1960-х гг. («хрущевки»)	22	45	31	68,9	41
В том числе с проводами	3	80			
В том числе без проводов	19	40	30	75,0	34
Многоэтажная 1970–1980-х гг. («брежневки»)	29	77	119	155	40
В том числе с проводами	7	194			
В том числе без проводов	22	39	57	146	27
Многоэтажная последних лет	22	58	65	112	43
В том числе с проводами	6	99			
В том числе без проводов	16	43	66	153	27
Рекреационная	16	18	24	133	11
Рынки	3	177			
Всего с проводами	54	245	299	122	207
Всего без проводов	93	43	57	133	34

Примечание. Разница между общим числом точек измерения (177) и суммой по типам использования земель и застройки (166) образовалась за счет точек с неопределенным (смешанным) характером застройки.



Таблица 2

Сведения о выявленных аномальных значениях магнитной индукции, нТл

Места измерений	Измеренные значения, нТл	Характер использования и застройки	Наиболее вероятный источник	Дополнительная информация
Челюскинцев, 84	95	Историческая	Подземный кабель	На асфальте до 170
Горького, 29	260**	Среднеэтажная 1930–1950-х гг. («сталинки»)	То же	На асфальте до 800
Столыпина, 36	440	Историческая	»	На асфальте более 2000
Б. Казачья – Горького	270	То же	»	На асфальте до 500
Московская, 93	1330**	»	»	На асфальте более 2000
Кутякова, 65	550**	Многоэтажная 1970–1980-х гг. («брежневки»)	Провода	На асфальте менее 100
Посадского, 156	85	Историческая	Подземный кабель	На асфальте до 300
Зарубина, 51	208*	Многоэтажная последних лет	То же	На асфальте до 800
Симбирская, 3/5	280**	То же	Провода, электро-оборудование	То же
Радищева, 40	350	Историческая	То же	На асфальте до 550
Кузнечная, 28/42	350*	Многоэтажная 1970–1980-х гг. («брежневки»)	Провода	На асфальте до 200
Первомайская, 37/45	140	То же	Подземный кабель	На асфальте до 300
Первомайская – Некрасова	160	Историческая	То же	То же
Бахметьевская, 6	77	Среднеэтажная 1950–1960-х гг. («хрущевки»)	»	На асфальте до 200
Горького, 28	87	Среднеэтажная 1930–1950-х гг. («сталинки»)	»	На асфальте до 320
Ульяновская, 6/12	68	Многоэтажная последних лет	»	На асфальте до 150
Гоголя, 65	820*	Историческая	Провода	На асфальте до 200
2-я Садовая, 23 а	93	Многоэтажная последних лет	Подземный кабель	На асфальте до 250
Астраханская – Зарубина, бульвар	41	Рекреационная	То же	На асфальте до 120
Астраханская - Московская	850**	Среднеэтажная 1930–1950-х гг. («сталинки»)	То же	На асфальте более 2000
Астраханская, 153 а	1750**	Трамвайный парк	Провода	На асфальте до 200
Университетская, 59	270*	Среднеэтажная 1930–1950-х гг. («сталинки»)	Подземный кабель	На асфальте более 2000
Университетская – Б. Казачья	600*	Историческая	Провода	На асфальте до 150
Слонова – Аткарская	296*	Многоэтажная 1970–1980-х гг. («брежневки»)	То же	На асфальте до 100

Примечание. * – аномалия по 2 δ пределу; ** – аномалия по 3 δ пределу.



– неустановленные при измерениях факторы, которыми с наибольшей вероятностью могут быть мощные электроприборы и оборудование в близрасположенных зданиях.

Соответственно, аномалии могут быть подразделены на воздушные и грунтовые. Те и другие не включались в интерполяцию при построении карты. Сведения об аномалиях представлены в табл. 2; расположение аномалий и их типы показаны на рис. 1.

В сравнении с другими городами [21] г. Саратов характеризуется высоким уровнем распространения аномальных значений – 13,6%. Вероятно, причина этого – в отсутствии в центральной части города высоковольтных линий.

Выводы

Действующие в настоящее время гигиенические нормативы уровней напряженности электрического поля промышленной частоты и магнитной индукции в центральной части г. Саратова соблюдаются повсеместно. Однако значения магнитной индукции выше 0,2–0,4 мкТл (ориентировочный безопасный уровень по данным новейших зарубежных исследований) встречаются в 15,8% точек измерения, т. е. имеют существенное распространение преимущественно в пределах территорий исторической застройки. Наиболее существенным фактором формирования повышенных уровней магнитных полей являются воздушные линии электроснабжения, проложенные в разные годы и не всегда соответствующие нагрузкам от современного электрооборудования и бытовой техники. Статистически аномальные значения магнитной индукции отмечены в 13,6% точек измерения. Такая распространённость аномалий позволила на примере г. Саратова выделить два их типа – аномалии с воздушными и грунтовыми источниками. Пространственное распределение показателей магнитной индукции и расположение аномалий показано на карте, созданной по результатам исследования.

Библиографический список

1. Довбыш В. Н., Маслов М. Ю., Сподобаев Ю. М. Электромагнитная безопасность элементов энергетических систем : монография. Самара : ООО «ИПК «Содружество»», 2009. 198 с. EDN: ТХЖКЗХ
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. EDN: RQBHGR
4. Rifai A. B., Nakami M. A. Health Hazards of Electromagnetic Radiation // Journal of Biosciences and Medicines. 2014. Vol. 2. P. 1–12. <http://dx.doi.org/10.4236/jbm.2014.28001>
5. Electric and magnetic fields // Cancer Causes & Control. 1996. Vol. 7 (Suppl 1). P. S49–S54. <https://doi.org/10.1007/BF02352733>
6. Brabant C., Geerinck A., Beudart C., Tirelli E., Geuzaine C., Bruyère O. Exposure to magnetic fields and childhood leukemia: A systematic review and meta-analysis of case-control and cohort studies // Rev Environ Health. 2022. Mar 15. Vol. 38, № 2. P. 229–253. <https://doi.org/10.1515/revh-2021-0112>, PMID: 35302721
7. Malagoli C., Malavolti M., Wise L. A., Balboni E., Fabbi S., Teggi S., Palazzi G., Cellini M., Poli M., Zanichelli P., Notari B., Cherubini A., Vinceti M., Filippini T. Residential exposure to magnetic fields from high-voltage power lines and risk of childhood leukemia // Environmental Research. 2023. Vol. 232. Article number 116320. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.116320>
8. Muller B. Electrosmog. Hausgemachtes Problem // Bild Wiss. 1996. № 4. P. 12–14.
9. Opinion on Possible effects of Electromagnetic Fields (EMF), Radio Frequency Fields (RF) and Microwave Radiation on human health // Expressed at the 27th CSTE plenary meeting. Brussels, October 30, 2001. URL: http://ec.europa.eu/health/ph_risk/committees/sct/documents/out128_en.pdf (дата обращения: 16.08.2024).
10. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания: 1.2. Общие вопросы. Гигиена, токсикология, санитария: санитарные правила и нормы: СанПиН 1.2.3685-21 / Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. М. : Роспотребнадзор, 2022. 667 с.
11. ICNIRP, «Guidelines for Limiting Exposure to Time-varying Electric and Magnetic Fields (1 Hz – 100 kHz)» // Health Physics. 2010. Vol. 99, № 6. P. 818–836.
12. 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, № 4. P. 1–9.
13. National precautionary policies on magnetic fields from power lines in Belgium, France, Germany, the Netherlands and the United Kingdom // RIVM Report 2017–0118. The National Institute for Public Health and the Environment. 56 p. <https://doi.org/10.21945/RIVM-2017-0118>.
14. 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. 109–110.
15. Макаров В. З., Пролеткин И. В., Чумаченко А. Н. Электромагнитное излучение в г. Саратове // Санитарный врач. 2011. № 5. С. 64–65. EDN: PONANT



16. Макаров В. З., Новаковский Б. А., Чумаченко А. Н. Эколого-географическое картографирование городов. М. : Научный мир, 2002. 196 с. EDN: WIFKBD
17. Жуков В. Т., Новаковский Б. А., Чумаченко А. Н. Компьютерное геоэкологическое картографирование М. : Научный мир, 1999. 128 с.
18. Методика измерения электромагнитных полей промышленной частоты 50 Гц на селитебной территории: 4.3. методы контроля, физические факторы: метеорологические рекомендации МР 4.3.0177-20. М. : Роспотребнадзор, 2021. 6 с.
19. Esri – GIS Mapping Software, Solutions, Services, Map Apps, and Data. URL: <http://www.esri.com/> (дата обращения: 08.08.2024).
20. Самсонов Т. Е. Пространственная статистика и моделирование на языке R. Онлайн-курс. М. : Географический факультет МГУ, 2023. URL: <https://tsamsonov.github.io/r-spatstat-course/> (дата обращения: 29.07.2024).
21. Стурман В. И. Электромагнитные поля промышленной частоты в центральной части Астрахани, в сравнении с другими городами России // Куражсковские чтения : материалы III Международной научно-практической конференции (Астрахань, 16–17 мая 2024 г.). Астрахань, 2024. С. 168–172.
22. 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>, EDN: HVQNYJ

Поступила в редакцию 10.08.2024; одобрена после рецензирования 14.09.2024;
принята к публикации 27.09.2024; опубликована 29.11.2024

The article was submitted 10.08.2024; approved after reviewing 14.09.2024;
accepted for publication 27.09.2024; published 29.11.2024