

УДК 504.055(470.51-25)

*В.И. Стурман, А.Н. Логиновская***КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЧАСТОТЫ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ИЖЕВСКА**

Исследование пространственного распределения показателей в центральной части г. Ижевска показало, что напряженность электрических полей достигает значимых величин только вблизи воздушных высоковольтных линий. Превышений допустимых уровней магнитной индукции не отмечено, но в пределах городской территории её величины изменяются в широких пределах, что нашло отражение на составленной карте. Зависимость значений магнитной индукции от типа застройки выражена слабо. Центральная часть Ижевска характеризуется пониженными в сравнении с другими городами показателями магнитной индукции. Зона повышенных значений магнитной индукции (электромагнитный смог) в историческом ядре города сравнительно мала по размерам. Значения магнитной индукции, превышающие примерный безопасный уровень 200-400 нТл, в г. Ижевске встречаются только в местах, подверженных воздействию кабелей подземной прокладки. В Ижевске такие места встречаются реже, чем в других городах.

Ключевые слова: электромагнитные поля, электрические поля, напряженность, магнитные поля, магнитная индукция, картографирование, аномалии магнитного поля, Ижевск.

DOI: 10.35634/2412-9518-2019-29-4-479-487

Электромагнитные поля являются относительно слабо изученным фактором окружающей среды, значение которого в настоящее время возрастает по мере увеличения распространения электротехнических устройств различного назначения. Так, за последние 10–15 лет XX в. токовые номиналы плавких предохранителей и автоматов на входе силовой сети в квартирах увеличились с 5-6 до 20–25 ампер, что означает увеличение потребляемой мощности в 10–25 раз и, как следствие, электромагнитных полей в квартирах в 5-6 раз [1].

Воздействиям электромагнитных полей на живые организмы посвящен обширный пласт литературы на разных языках (например, [2-6]). При этом в числе механизмов воздействий обычно указываются индуцирование электрических токов внутри биологических систем, а также изменение магнитной ориентации молекул, что оказывает влияние на свойства отдельных биологических тканей и клеток, магнитомеханические силы и крутящие моменты, которым могут быть подвержены вещества в составе биологических объектов и др. Особое внимание уделяется низкочастотным магнитным полям, в том числе промышленной частоты (50-60 Гц), до недавнего времени считавшимся малоопасными. В настоящее время в числе наиболее опасных из возможных эффектов низкочастотных магнитных полей рассматриваются риски лейкемии, повреждения ДНК и нарушения иммунной системы. В качестве примерного безопасного уровня магнитной индукции (измеряется в тесла-единицах и производных величинах – мкТл, нТл) указываются величины 0,4 мкТл (400 нТл) [7] и даже 0,2 мкТл (200 нТл) [8], что на порядок ниже наиболее жестких из действующих в России нормативов магнитных полей (5 мкТл в жилых помещениях, детских, дошкольных, школьных, общеобразовательных и медицинских учреждениях, согласно ГН 2.1.8/2.2.4.2262-07¹) и на 3 порядка ниже безопасного уровня для населения, рекомендованного Всемирной организацией здравоохранения (100 мкТл), а также Международной комиссией по защите от неионизирующих излучений (ICNIRP) (Руководство... 2010 г. [9]) и Консультативным советом Европейского союза (директива Европейского парламента 2004/40/ЕС [10]). Переход к нормативам магнитного поля промышленной частоты на уровне 0,2-0,4 мкТл рассматривается в странах Европейского союза как перспективная цель на ближайшие годы [11].

Значительно меньшее внимание уделяется пока фактическим уровням электромагнитных полей и их зависимости от природных и техногенных условий. Данная статья посвящена изложению результатов инициативного исследования пространственного распределения электрических и магнитных полей промышленной частоты (50 Гц) в центральной части г. Ижевск.

¹ ГН 2.1.8/2.2.4.2262-07. Предельно допустимые уровни магнитных полей частотой 50 Гц в помещениях жилых, общественных зданий и на сельтебных территориях. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 21 августа 2007 г. № 60.

Материалы и методы исследований

Измерения показателей электрических и магнитных полей выполнялись при помощи прибора Gigahertz Solutions ME 3830 В М/Е Analyser. Данный прибор позволяет измерять для промышленной частоты 50 гц напряженность электрического поля в диапазоне от 1 до 2000 в/м и интенсивность магнитных полей (магнитную индукцию) в пределах от 1 до 2000 нТл. В отдельных случаях, в частности в непосредственной близости от высоковольтных линий электропередачи, этого оказалось недостаточно для измерения максимальных значений.

Поскольку прибор имеет однокоординатный датчик магнитного поля, в каждой точке путем изменения положения прибора (вращение вокруг горизонтальной и вертикальной оси) находилось положение, при котором ось датчика совпадала с ориентацией полного вектора магнитного поля, и величина магнитной индукции достигала максимума для данной точки. Измерения проводились на высоте 1,8 м от поверхности земли, а при уточнении особенностей распределения аномальных значений - и на других уровнях, в том числе на поверхности земли. Для облегчения последующей интерпретации результатов точки измерений выбирались ситуативно, по возможности в условиях однородного характера использования территории и застройки.

Измерения были выполнены в октябре 2019 г. более чем в 200 точках, расположенных в жилых кварталах, вдоль улиц и дорог, на территориях учебных заведений, в парках и скверах. Вблизи высоковольтных линий электропередачи измерения выполнялись в местах наибольшего провисания проводов через 5 м на 2 поперечниках. Территория исследования ограничивается ул. Холмогорова – р. Карлутка – ул. 10 лет Октября – ул. Удмуртская (включая её восточную сторону до Центрального Республиканского стадиона) – ул. Чугуевского – пер. Интернациональный – левый берег р. Иж – восточный берег Ижевского пруда – ул. Песочная – ул. Кирова – р. Подборенка (рисунок).

Статистическая обработка результатов и выделение среди них аномальных значений проведены на основе общепринятых формул, с использованием программного продукта Excel. Полученные в результате измерений данные о значениях магнитной индукции промышленной частоты были перенесены на электронную карту города. Пространственный анализ показателей магнитных полей выполнялся в программном комплексе ArcGISArcMap с использованием метода билинейной интерполяции. Значения магнитной индукции (градации) разделены на восемь интервалов с величинами от 10 до 320 нТл. Разработка на базе ГИС ArcGISArcMap информационной системы пространственного распределения техногенных магнитных полей промышленной частоты позволяет объединить пространственную и описательную информацию, систематизировать данные наблюдений, создает возможность наглядного представления на карте. Реализованная методика предусматривает интерполяцию между всеми соседними точками, в том числе относительно удаленными. Поэтому область интерполяции распространилась и за пределы изученной территории, включая акваторию пруда.

Результаты и их обсуждение

Электрические поля. В Ижевске, как и в изученных ранее городах (Москва, Санкт-Петербург, Казань, Петрозаводск, Белгород, Калининград) [12-14], значимые показатели электрических полей (напряженность более 1 в/м) были отмечены только в непосредственной близости от высоковольтных линий, на расстояниях до 100-150 м. Результаты измерений напряженности электрических полей от высоковольтных линий представлены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты измерений напряженности электрических полей от высоковольтных линий в г. Ижевск

Местоположение поперечника через высоковольтную линию	Напряжение высоковольтных линий, кВ	Напряженность под проводом, в/м	Расстояние (м) от проекции крайнего провода до значений напряженности:		
			2000 в/м	1000 в/м	500 в/м
ул. Щорса, у школы 83	110	Выше 2000	7,5	10,5	12
ул. Песочная-Береговая	110	640	–	–	2

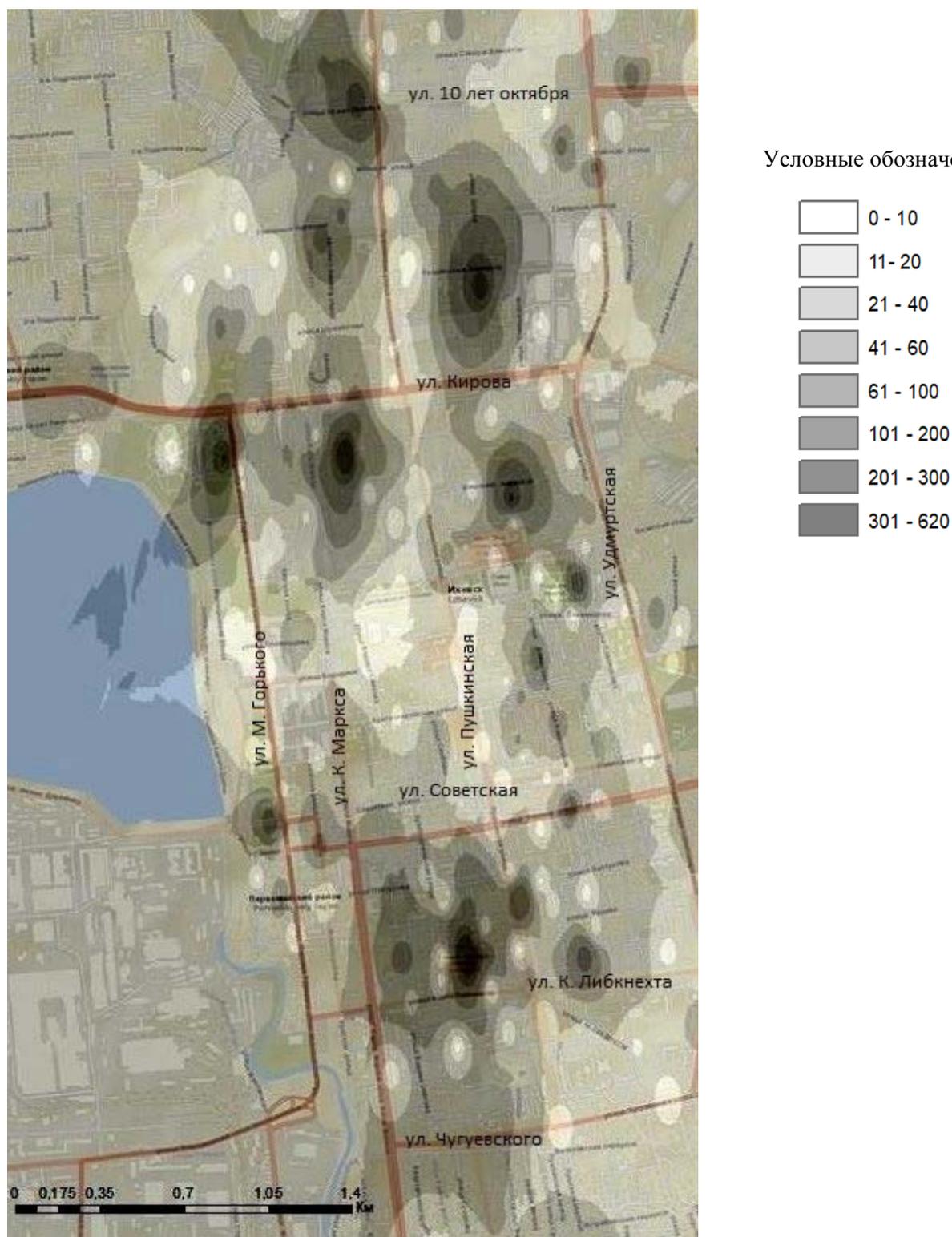


Рис. Схематическая карта распределения значений магнитной индукции (нТл) в центральной части г. Ижевска

Как видно из сопоставления приведенных в табл. 1 значений, имеет место четкая, нелинейная зависимость между расстоянием от высоковольтной линии и напряженностью электрического поля. Превышения предельно допустимого уровня (1000 в/м на территории зон жилой застройки согласно

СН 2971-84²) за пределами охранных зон (до 20 м от проекции крайнего провода согласно Постановления Правительства РФ от 24.02.2009 г. № 160³) не отмечены.

Магнитные поля, основной характеристикой которых является измеряемая в тесла-единицах и производных величинах, в частности в нанотесла (нТл), магнитная индукция, также образуя максимумы в зонах воздействий высоковольтных линий (табл. 2), наряду с ними формируются и многочисленными электротехническими устройствами производственного и бытового назначения.

Таблица 2

Результаты измерений магнитной индукции от высоковольтных линий в г. Ижевск

Местоположение поперечника через высоковольтную линию	Напряжение высоковольтных линий, кВ	Магнитная индукция под крайним проводом, нТл	Расстояние (м) от крайнего провода до значений магнитной индукции:		
			1000 нТл	500 нТл	100 нТл
ул. Щорса, у школы 83	110	528	–	–	25
ул. Песочная-Береговая	110	1040	–	4	45

Таблица 3

Результаты измерений магнитной индукции в отдельных характерных точках г. Ижевска (всего 217 точек измерения)

Места измерений	Измеренные значения, нТл	Характер использования и застройки
ул. Лихвинцева, 46	7	кирпичная 1950-60-х гг. («хрущевка»)
ул. Наговицына, 10	9	дет. больница
ул. Пушкинская, 260	49	кирпичная 1950-60-х гг. («хрущевка»)
ул. Пушкинская, 240а	12	панельная 1950-60-х гг. («хрущевка»)
ул. Коммунаров, 357	43	кирпичная 1970-80-х гг. («брежневка»)
ул. Удмуртская, 255	71	панельная 1970-90-х гг., 467 серия
ул. Майская, 23	73	общ. 2 УдГУ
10 лет Октября, 55б	11	общ. 4 УдГУ
10 лет Октября, 49 двор	78	панельная 1970-90-х гг., 467 серия
10 лет Октября, 8	23	панельная 1970-90-х гг., 467 серия
ул. Майская, 8	64	панельная 1970-90-х гг., 467 серия
Площ. 50 лет Октября, центр сквера	4	рекреационная
ул. Свободы, 228	10	больница
Центральная площадь, у сцены	4	рекреационная
ул. Революцион., 199	8	ИГМА, гл. корп.
ул. Коммунаров, 281	74	ИГМА, теор. корп.
Университетская пл., 1	18	УдГУ, корп. 6
Университетская пл., 1	12	УдГУ, корп. 1
ул. Лихвинцева, 64	57	кирпичная 1950-60-х гг. («хрущевка»)
ул. Коммунаров-Советская	26	кирпичная 1930-50-х гг. «сталинка»
У Цирка	21	центральная часть города
ул. Горького-Ленина	15	историческая
ул. К. Маркса, 208	28	кирпичная 1930-50-х гг. «сталинка»
ул. Ленина, 5	52	кирпичная 1950-60-х гг. («хрущевка»)
Парк Патриот, фонтан	4	Рекреационная

² СанНиН 2971-84. Санитарные нормы и правила защиты населения от воздействия электрического поля, создаваемого воздушными линиями электропередачи переменного тока промышленной частоты. Утверждены Главным государственным санитарным врачом СССР 23.02.1984 № 2971-84). М., 1984.

³ О порядке установления охранных зон объектов электросетевого хозяйства и особых условий использования земельных участков, расположенных в границах таких зон. Постановление Правительства РФ от 24.02.2009 г. № 160.

В результате взаимного наложения магнитных полей от совокупности их источников на городской территории формируется сложное, постоянно меняющееся магнитное поле (электромагнитный смог). Результаты измерений его характеристик представлены в табл. 3 и на рис.

Аномальные значения магнитной индукции. Существенно более высокие значения магнитной индукции отмечены в пределах аномалий, обусловленных наличием недостаточно экранированных кабелей подземной прокладки (табл. 4). Такие аномалии выявляются не только путем статистической обработки результатов измерений, но и непосредственно на местности, путем повторных измерений. Вблизи и на поверхности земли (асфальта и т.п.) значения магнитной индукции резко возрастают, до 500-1200 нТл. Однако, 3 из 14 выявленных аномалий не могут быть объяснены влиянием кабелей подземной прокладки, поскольку в их пределах значения на уровне поверхности земли не превышали таковых на высоте 1,8 м. Это может отражать только наличие мощного холодильного, нагревательного, медицинского или иного электрооборудования в близлежащих зданиях.

Таблица 4

Сведения о выявленных аномальных значениях магнитной индукции (нТл)

Места измерений	Измеренные значения, нТл	Характер использования и застройки	Дополнительная информация
ул. Коммунаров, 361 двор	367	Кирпичная 1970-80-х гг.	На асфальте до 800. Вне аномалии 34.
ул. К. Маркса, 444 двор	102	панельная 1970-90-х гг., 467 серия	На асфальте меньше; в 10 м 35 нТл
ул. Пушкинская, 367	289	Кирпичная 1950-60-х гг.	На асфальте до 1200
ул. В. Сивкова, 273	120	Новая кирпично-монолитная	На земле аналогично
ул. Пушкинская, 279а	118	Новая кирпично-монолитная	На земле аналогично
ул. Коммунаров, 293 двор	333	Кирпичная 1950-60-х гг.	На асфальте до 750, вне аномалии 42
Площ. 50 лет Октября, 10, двор	150	Кирпичная 1950-60-х гг.	На асфальте до 500, вне аномалии 34
Ул. Пушкинская, 152	180	Кирпичная 1970-80-х гг.	На асфальте до 400, вне аномалии 76
Центр. рынок, у вост. входа	630	Рынок	На асфальте меньше 100
ул. Советская, 1, у мемориальной доски	150	Историческая	На асфальте до 500, вне аномалии 18
ул. К. Маркса, 276	500	панельная 1950-60-х гг.	На асфальте до 1100, вне аномалии 65
ул. Горького, 163	320	Новая кирпично-монолитная	На асфальте до 800, вне аномалии 40
ул. Коммунаров, 169	130	панельная 1950-60-х гг.	На земле до 550, вне аномалии 46
ул. В. Сивкова, 112	120	Кирпичная 1970-80-х гг.	На земле 30

Все выявленные аномалии незначительны по размерам, и уже в 20-50 м от аномальных точек значения магнитной индукции не отличаются от характерных для данного типа использования и застройки территории. Однако аномалии в других городах, как правило, еще меньше по размерам – 10-20 м. При данной плотности измерений о полноте выявления аномалий, связанных с кабелями подземной прокладки, речь идти не может.

Значения магнитной индукции в пределах выявленных аномалий на 2-3 порядка ниже действующих в России нормативов 10 мкТл для жилых зон (согласно ГН 2.1.8/2.2.4.2262-07), однако ориентировочные безопасные значения по оценкам ряда зарубежных организаций (200-400 нТл) [10; 11] в аномалиях превышаются до 4-6 раз.

Как видно из представленных в табл. 3 и на рис. результатов, центральная часть г. Ижевска характеризуется в целом относительно невысокими значениями магнитной индукции, составляющими преимущественно до 10 и от 10 до 20 нТл. При этом низкие значения (до 20 нТл) приурочены не

только к рекреационным зонам и площадям, но и к значительной части территорий жилой застройки. Более высокие значения (50 нТл и более) распространены локально, в историческом ядре города (ул. К. Маркса – ул. Ленина) и в жилых массивах разных лет застройки.

Устойчиво повышенные значения магнитной индукции, обусловленные наложением полей от разных источников (электромагнитный смог) в историческом ядре города, наиболее насыщенном объектами общественного питания, торговли и т. п., характерны для всех изученных городов. Особенность Ижевска – относительно небольшие размеры зоны электромагнитного смога в историческом центре. Кроме того, на карте значений магнитной индукции нашла отражение текущая ситуация в центральной части города, когда значительным распространением временно пользуются строительные площадки, подготовленные к новой застройке пустыри на месте снесенных старых построек, а также еще не снесенные старые постройки разной степени заброшенности. Все эти участки характеризуются резко пониженными значениями, сопоставимыми с таковыми для рекреационных зон. С застройкой существующих на данный момент (осень 2019 г.) пустырей и стройплощадок электромагнитная ситуация должна претерпеть изменения. При этом локальные участки повышенных значений встречаются среди застройки всех типов и отражают наличие местных источников – мощного электрооборудования и/или перегруженной электропроводки.

Средние значения магнитной индукции и показатели их изменчивости в зависимости от характера использования и застройки территории представлены в табл. 5.

Таблица 5

Средние значения магнитной индукции и показатели их изменчивости в зависимости от характера использования и застройки территории

Характер использования и тип застройки территории	Число измерений	Среднее значение, нТл	Среднее квадр. отклонение (δ)	Коэф. вариации, %	Среднее значение, нТл при исключении аномалий по 3δ и 2δ пределам
Историческая	12	29,8	37,5	125,8	18,8
Среднеэтажная 1930–50-х гг. «сталинки»)	17	26,1	25,2	96,6	18,4
Среднеэтажная 1950–60-х гг. («хрущевки»)	60	45,3	82,4	181,9	28,6
в том числе кирпичные	43	41,9	64,5	153,9	36,0
в том числе панельные	17	56,1	115,3	205,5	28,4
Средне- и многоэтажная кирпичная 1970-80-х гг. «брежневки»	31	41,7	69,4	166,4	25,7
Многоэтажная панельная 1970–90-х гг. (467 серия)	27	29,4	26,9	91,5	26,7
Многоэтажная последних лет	19	45,1	72,9	161,6	29,8
Территории вузов	8	27,4			
Территории медицинских учреждений	5	15,6			
Парки, скверы, площади	12	5,5	3	54,5	4,6

Таким образом, дифференциация в зависимости от характера использования и застройки территории в Ижевске есть, но выражена она относительно слабо. Кирпичные среднеэтажные дома постройки 1930-50-х гг. («сталинки»), отличающиеся хорошим качеством постройки, также, как и в Москве, и Санкт-Петербурге отличаются пониженным уровнем магнитной индукции. Однако разница с домами последующих десятилетий постройки невелика, что отражает существовавшую в городе традицию качественного строительства. К домам постройки последних лет, особенно кирпично-монолитным, это не относится.

Как видно из табл. 6, средние значения магнитной индукции по типам застройки в Ижевске оказались меньше, чем для аналогичных типов застройки в других городах.

Таблица 6

**Характеристики магнитной индукции по типам застройки и использования земель
в разных городах, нТл**

Города, районы	Условия использования земель и застройки				
	Историческая застройка	Среднеэтажная застройка прошлых десятилетий	Многоэтажная застройка последних лет	Территории вузов	Парки и скверы, широкие площади и бульвары
Ижевск	19	29	30	27	5
Санкт-Петербург, основная часть территории	255	71	34		6,5
Пушкин (часть Санкт-Петербурга)	26	35		5	4
Москва	146	75	22	17	7
Казань	100	79	35		19
Белгород		46			5
Петрозаводск		66			10
Калининград	38,5	40	26		8

Если историческую застройку Ижевска (до 2 этажей, частично деревянная, в том числе слабо используемая в настоящее время) сложно сравнивать с исторической застройкой в более крупных городах, то различия в отношении застройки массовых типов (среднеэтажная застройка прошлых десятилетий) сложно объяснить чем-либо иным, кроме более толстых стен. Ижевск – единственный среди поименованных в табл. 6 городов согласно карты климатического районирования для строительства в СП 131.13330.2012⁴ относится к району IV, со среднемесячной температурой воздуха в январе от -14° до -28° , что предполагает дополнительные требования к толщине кирпичной кладки и панелей. Другим объяснением может быть меньшая насыщенность жилья данного типа бытовыми электроприборами, отражающая уровень социально-экономического развития. В случае Ижевска оба объяснения могут считаться равновероятными. Характерно также, что многоэтажная застройка последних лет подобных различий не обнаруживает.

Что касается охарактеризованных выше аномалий, то в сравнении с изученными ранее городами, Ижевск отличается их меньшим распространением (6,0 % точек измерений в сравнении с 7,8 % в Казани, 10,8 % в Москве и Белгороде, 11,0 % в Петрозаводске, 12,2 % в Калининграде, 13,9 % в Санкт-Петербурге) при их большей выдержанности и размерах. Характерно, что доля аномальных точек в городах увеличивается с ростом степени влажности климата и, соответственно, трудностей при прокладке подземных кабелей.

Заключение

Значения напряженности электрических полей и магнитной индукции, превышающие действующие гигиенические нормативы, на улицах и во внутриквартальных пространствах центральной части Ижевска не выявлены. Однако максимальные значения магнитной индукции в пределах выявленных аномалий превышают ориентировочные безопасные значения по оценкам ряда зарубежных организаций (200-400 нТл) до 4-6 раз.

В качестве особенностей ситуации с электромагнитными полями промышленной частоты для центральной части г. Ижевска может быть отмечено:

- приуроченность значимых уровней электрических полей исключительно к воздушным высоковольтным линиям;
- преобладание невысоких значений магнитной индукции, преимущественно до 20 нТл;
- слабая дифференциация значений магнитной индукции в зависимости от типов застройки;

⁴ Свод правил СП 131.13330.2012 Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-02-99*. М., 2015.

- небольшие размеры зоны повышенных значений магнитной индукции (электромагнитный смог) в историческом ядре города;
- небольшое распространение аномальных значений магнитной индукции, обусловленных кабелями подземной прокладки, при большей выдержанности и размерах аномалий;
- значительное в данный момент распространение характеризующихся резко пониженными значениями магнитной индукции строительных площадок и территорий, новая застройка которых ожидается в ближайшем будущем.

В качестве причин указанной ситуации с электромагнитными полями могут быть предположительно указаны:

- увеличенная в сравнении с более западными районами Европейской части России толщина стен, согласно требований для климатического района 1В, в сочетании с хорошим качеством строительства;
- пониженная насыщенность жилых домов массовых серий бытовыми электроприборами, отражающая уровень социально-экономического развития.

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. Gajšek P., Ravazzani P., Grellier J., Samaras T., Bakos J., Thuróczy G. Review of Studies Concerning Electromagnetic Field (EMF) Exposure Assessment in Europe: Low Frequency Fields (50 Hz–100 kHz) // International Journal of Environmental Research and Public Health, 2016, 13. P. 875. DOI:10.3390/ijerph13090875
5. Rifai A.B., Nakami M.A. Health Hazards of Electromagnetic Radiation // Journal of Biosciences and Medicines, 2014, 2(8), P. 1-12. DOI: 10.4236/jbm.2014.28001
6. Electric and Magnetic Fields // Cancer Cases Control. 1996. Vol. 7. P. 49–54.
7. Opinion on Possible effects of Electromagnetic Fields (EMF), Radio Frequency Fields (RF) and Microwave Radiation on human health Expressed at the 27th CSTEEN plenary meeting Brussels, 30 October 2001. URL: http://ec.europa.eu/health/ph_risk/committees/sct/documents/out128_en.pdf
8. Muller B. Electromog. Hausgemachtes Problem // BildWiss. 1996. № 4. P. 12–14.
9. Guidelines for Limiting Exposure to Time-varying Electric and Magnetic Fields (1 Hz – 100 kHz). International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection // Health Physics, 2010. Vol. 99, № 6. P. 818-836.
10. 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, L184, 2004. Vol. 30, № 4. P. 1-9.
11. National precautionary policies on magnetic fields from power lines in Belgium, France, Germany, the Netherlands and the United Kingdom. RIVM Report 2017-0118. 56 p. DOI 10.21945/RIVM-2017-0118.
12. Стурман В.И. Картографирование электромагнитных полей промышленного диапазона частот в центральной части города Казани // Географический вестник. 2018. № 4. С. 102-109. DOI: 10.17072/2079-7877-2018-4-102-109
13. Sturman V.I. A study of temporal dynamics and spatial variability of power frequency electromagnetic fields in Saint-Petersburg // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. Vol. 107 (2018). P. 012137 DOI:10.1088/1755-1315/107/1/012137
14. Стурман В.И. Электромагнитные поля промышленного диапазона частот в условиях городской среды как объект эколого-географического исследования // География и природные ресурсы, 2019. №1. С. 21-28. DOI: 10.21782/GIPR0206-1619-2019-1

Поступила в редакцию 29.11.2019

Стурман Владимир Ицхакович, доктор географических наук, профессор,
профессор кафедры экологической безопасности телекоммуникаций
E-mail: st@izh.com

Логиновская Алёна Николаевна, кандидат географических наук,
доцент кафедры экологической безопасности телекоммуникаций
E-mail: aloginovskaja@bk.ru

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет
телекоммуникаций имени проф. М.А. Бонч-Бруевича»
193232, Россия, г. Санкт-Петербург, пр. Большевиков, 22

V.I. Sturman, A.N. Loginovskaya

MAPPING OF ELECTROMAGNETIC FIELDS OF POWER FREQUENCY IN THE CENTRAL AREA OF IZHEVSK

DOI: 10.35634/2412-9518-2019-29-4-479-487

The study of spatial distribution of indicators of intensity of electric fields and magnetic induction in the central area of Izhevsk had been executed. It is established that intensity of electric fields reaches significant values only near overhead high-voltage transmission lines. Magnetic induction over admissible levels is not noted, but within the city territory its values change largely that had been represented on the original map. The dependence of magnetic induction values on the type of building is weak. The central part of Izhevsk is characterized by lower magnetic induction values in comparison with other cities. The zone of increased magnetic induction values (electromagnetic smog) in the historical core of the city is relatively small in size. Magnitudes over the approximate safe limit 200-400 nTl occur only in places exposed to underground cables. In Izhevsk, such places are rarer than in other cities.

Keywords: electromagnetic fields, magnetic fields, electric fields, intensity, magnetic induction, mapping, anomalies of magnetic fields, Izhevsk.

REFERENCES

1. Spodobaev Yu.M., Kubanov V.P. *Osnovy elektromagnitnoy ekologii* [Foundations of electromagnetic ecology], Moscow: Radio isvyaz' Publ., 2000, 240 p. (in Russ.).
2. Yakovleva M.I. *Fiziologicheskie mekhanizmy deystviya elektromagnitnykh poley* [Physiological mechanisms of electromagnetic fields action], Leningrad: Meditsina Publ., 1973, 135 p. (in Russ.).
3. Tikhonov M.N., Dovgusha V.V., Dovgusha L.V. [Natural and technological electromagnetic fields influence on safety of vital activity], in *Ekologicheskaya ekspertiza*, 2013, no.6, pp. 48-65 (in Russ.).
4. Gajšek P., Ravazzani P., Grellier J., Samaras T., Bakos J., Thuróczy G. Review of Studies Concerning Electromagnetic Field (EMF) Exposure Assessment in Europe: Low Frequency Fields (50 Hz–100 kHz), in *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2016, 13(9), pp. 875. DOI: 10.3390/ijerph13090875
5. Rifai A.B., Hakami M.A. Health Hazards of Electromagnetic Radiation, in *Journal of Biosciences and Medicines*, 2014, vol. 2, no.8, pp. 1-12. DOI: 10.4236/jbm.2014.28001
6. Electric and Magnetic Fields. In *Cancer Cases Control*, 1996, vol. 7, pp. 49 - 54.
7. Opinion on Possible effects of Electromagnetic Fields (EMF), Radio Frequency Fields (RF) and Microwave Radiation on human health Expressed at the 27th CSTEEN plenary meeting Brussels, 30 October 2001. URL: http://ec.europa.eu/health/ph_risk/committees/sct/documents/out128_en.pdf
8. Muller B. Electromog. Hausgemachtes Problem, in *BildWiss*, 1996, no. 4, pp. 12 -14.
9. Guidelines for Limiting Exposure to Time-varying Electric and Magnetic Fields (1 Hz – 100 kHz). International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, in *Health Physics*, 2010, vol. 99, no. 6, pp. 818-836.
10. 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)”, in *Official Journal of the European Union*, L184, 2004, vol. 30, no. 4, pp.1-9.
11. National precautionary policies on magnetic fields from power lines in Belgium, France, Germany, the Netherlands and the United Kingdom. RIVM Report 2017-0118. 56 p. DOI 10.21945/RIVM-2017-0118.
12. Sturman V.A. [Mapping of electromagnetic fields of industrial frequencies in the central area of Kazan city], in *Geographical bulletin*, 2018, no. 4(47), pp. 102–109. DOI 10.17072/2079-7877-2018-4-102-109 (in Russ.).
13. Sturman V.I. A study of temporal dynamics and spatial variability of power frequency electromagnetic fields in Saint-Petersburg, in *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, vol. 107 (2018), pp. 012137 DOI:10.1088/1755-1315/107/1/012137
14. Sturman V.I. [Power Frequency Electromagnetic Fields in the Urban Environment as the Object of Ecological-Geographical Research], in *Geography and Natural Resources*, 2019, vol. 40, no. 1, pp. 21-28. DOI: 10/1134/S1875372819010037 (in Russ.).

Received 29.11.2019

Sturman V.I., Doctor of Geography, Professor,
Professor at Department of Telecommunications Environmental Security
E-mail: st@izh.com

Loginovskaya A.N., Candidate of Geography, Associate Professor at Department
of Telecommunications Environmental Security
E-mail: aloginovskaja@bk.ru

The Bonch-Bruевич Saint-Petersburg State University of Telecommunications
Bol'shevikov Ave, 22, St. Petersburg, Russia, 193232