

ЛАНДШАФТНЫЕ И ТЕХНОГЕННЫЕ ФАКТОРЫ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

В. И. Стурман

*Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф.
М.А. Бонч-Бруевича, г. Санкт-Петербург, Россия, st@izh.com*

Выполнены исследования пространственного распределения показателей электромагнитных полей промышленной частоты в ряде городов Российской Федерации. Установлено, что распределение значений напряженности электрических полей контролируется сетями высоковольтных линий, тогда как магнитные поля сложным образом зависят от комплекса техногенных факторов (характер застройки и использования земель, сети энергоснабжения). Однако планировочные и архитектурные особенности городов по-разному складываются в разных условиях и в свою очередь зависят от комплекса природных и культурно-исторических факторов.

Ключевые слова: электромагнитные поля; электрические поля; напряженность; магнитные поля; магнитная индукция; картографирование.

Введение. Электромагнитным загрязнением считаются [6] значения электромагнитных полей, превышающие их естественный уровень. Наиболее распространенные в пределах урбанизированных территорий электрические и магнитные поля промышленной частоты формируются многочисленными промышленными, транспортными и бытовыми источниками. Проникающая способность электрических и особенно магнитных полей значительна, так что стены зданий и строений не создают для них существенного препятствия [8]. По данным новейших зарубежных исследований [1, 2] ориентировочный безопасный уровень магнитной индукции промышленной частоты составляет всего 200-400 нанотесла (нТл).

Прямое влияние природных особенностей урбанизированных территорий на электромагнитную обстановку в их пределах незначительно, но это не исключает косвенного влияния природных и социоприродных факторов, формирующих урбандиапафты. Косвенное влияние оказывается на расположение источников электромагнитных полей (ЭМП) и режимы их функционирования. Так, анализ результатов мониторинга электромагнитных полей в Санкт-Петербурге показал [3], что важнейшим фактором формирования электрических и магнитных полей является меняющаяся

нагрузка на системы электроснабжения, а второстепенным - метеорологические условия, влияющие на диэлектрические свойства воздуха. Однако нагрузка на энергосистемы существенным образом зависит от метеорологических условий через такие факторы, как рост энергопотребления при низких температурах зимой и отток части населения летом, что влечет за собой уменьшение пользования бытовыми электроприборами и освещением.

Картографирование электромагнитных полей, выполненное в последние годы в ряде городов России, показало, что пространственное распределение характеристик электрических и магнитных полей промышленной частоты отражает как исторически сложившиеся планировочные особенности городов, так и природные условия территорий, в пределах которых они располагаются.

Материалы и методы исследований. Для измерения показателей ЭМП промышленной частоты использован прибор Gigahertz Solutions ME 3830 В М/Е Analyser, позволяющий измерять напряженность электрического поля в пределах от 1 до 2000 в/м и магнитную индукцию от 1 до 2000 нТл. Согласно МР 4.3.0177-20. 4.3 [5], измерения выполнялись на уровне 1,8 м от поверхности земли. Точки выполнения измерений по возможности выбирались на участках с однородным характером использования территории и застройки. При статистической обработке результатов использовались стандартные показатели и программные средства.

Результаты и их обсуждение. К настоящему времени исследования выполнены в 13 городах, расположенным в разных природных зонах и ландшафтных условиях, главным образом в центральных частях городов [7]. Установлено, что значимые показатели напряженности электрического поля (выше 1-3 в/м) отмечаются только вблизи высоковольтных линий, тогда как магнитные поля отличаются на городских территориях сильной изменчивостью. Выявлено преобладающее влияние на показатели магнитной индукции в отдельных точках со стороны таких техногенных факторов, как характер использования земель и застройки, а также наличие или отсутствие в непосредственной близости воздушных и подземных линий электропередачи и электроснабжения. В то же время, уровни и характер распределения показателей в разных природных условиях обнаруживают некоторые особенности, имеющие в своей основе ландшафтную основу. Основные обобщающие показатели по результатам исследований представлены в табл. 1. Природные зоны (подзоны) и ландшафты приняты согласно ландшафтной карте в составе Национального атласа России [4].

Аномальные значения магнитной индукции определялись по превышению 2-сигмового предела для данного типа застройки и использования земель. Подавляющее большинство аномалий обусловлено влиянием кабелей подземной прокладки, что выявляется по резко повышенным значениям у поверхности земли.

Как видно из табл. 1, в различиях характеристик ЭМП по природным зонам сложно выделить определенные закономерности. В особенности это относится к средним показателям напряженности электрического поля, поскольку наиболее существенно на них влияет наличие (и количество) или отсутствие на территориях исследования высоковольтных линий. Что касается магнитной индукции, то о прямом влиянии природных условий можно говорить на примере пустынной зоны (представленной г. Астрахань), где повсеместное близкое залегание солоноватых и соленых грунтовых вод [9] делает невозможной подземную прокладку сетей электропитания, что влечет за собой повышенную нагрузку на воздушные сети.

В наибольшей степени сложности размещения подземных сетей проявляются в низменных ландшафтах всех природных зон, что также находит отражение в обобщающих показателях табл. 2. Можно также предположить, что снижение показателей магнитной индукции от пустынной зоны к подтаежной и таежной отражает увеличение толщины стен зданий и строений и, соответственно, их экранирующей роли.

Таблица 2

Средние характеристики электромагнитных полей по зональным и а зональным типам ландшафтов

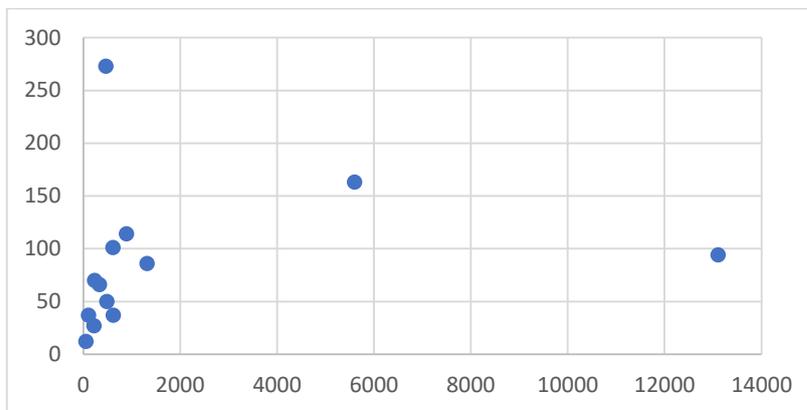
Ландшафты	Средние значения				
	Напряженность электрического поля, в/м	Магнитная индукция, нТл	Превышения ПДУ напряженности 1000 в/м, %% от числа точек	Превышения ориентировочного безопасного уровня магнитной индукции 200 нТл, %% от числа точек	Аномальные значения магнитной индукции, %% от числа точек
Таежные	44	74	3,3	11,3	8,9
Подтаежные	18	42	0,5	6,8	8,0
Лесостепные	35,5	84	1,7	9,3	10,9
Степные	18	114	-	15,8	13,6
Пустынные	6	273	-	23,6	12,4
Возвышенные	24	71	0,9	8,9	9,5
Низменные	18	100	2,1	12,5	9,5

Таблица 1

Основные обобщающие показатели по результатам исследований электромагнитных полей в городах России

Города и годы исследования	Число точек измерения	Природная зона (подзона); ландшафт	Средние значения		Превышения ПДУ напряженности 1000 в/м, %%	Превышения уровня магнитной индукции 200 нТл, %% от числа точек	Аномалии магнитной индукции, %%
			Напряженности электрического поля, в/м	Магнитной индукции, нТл			
Астрахань, 2023	161	Пустынная; низменный аккумулятивно-морской аридный	6	273	-	23,6	12,4
Белгород, 2017	103	Лесостепная; возвышенный эрозионный	41	66	1,9	5,8	10,8
Великий Новгород, 2023	123	Южнотаежная; низменный озерно-ледниковый	22	27	0,8	2,4	5,7
Ижевск, 2019	217	Подтаежная; возвышенный эрозионный пластовый	14	37	-	4,6	6,0
Казань, 2017	117	Подтаежная; низменный древнеаллювиальный	37	86	1,7	8,5	7,8
Калининград, 2019	163	Подтаежная; низменный озерно-ледниковый	14	50	0,6	4,3	12,2
Москва, 2018	203	Подтаежная; возвышенный моренно-эрозионный	21	94	-	12,4	10,8
Петрозаводск, 2017	146	Среднетаежная; возвышенный холмисто-моренный	44	70	2,7	6,8	11,0
Пушкин (Санкт-Петербург), 2019	160	Южнотаежная; низменный моренный	16	37	0,6	2,5	5,0
Ржев, 2024	350	Подтаежная; возвышенный моренно-эрозионный	2	12	-	4,0	3,1
Санкт-Петербург, 2017-2018	330	Южнотаежная; низменный древнеаллювиальный и аллювиально-зандровый	94	163	9,1	33,6	13,9
Саратов, 2024	177	Степная; возвышенный эрозионный пластовый	18	114	-	15,8	13,6
Ульяновск, 2024	138	Лесостепная; возвышенный эрозионный пластовый	30	101	1,4	12,8	11,0

Влияние техногенных факторов на уровне средних значений по городам тоже выявляется не вполне отчетливо. На рис. показана зависимость средней величины магнитной индукции от населения городов.



Зависимость средней величины магнитной индукции (по вертикальной оси, нТл) от населения городов (по горизонтальной оси, в тысячах жителей).

Вполне очевидную зависимость от численности населения осложняет влияние культурно-исторических факторов, в частности таких, как:

- степень развитости рыночной (в т. ч. уличной) торговли, с чем связано распространение кустарной электропроводки для питания холодильного и другого оборудования;

- наличие отдельных проводов к частным домам и квартирам.

То и другое в большей степени свойственно Азии, чем Европе, и наглядно проявляется при сравнении трех поволжских городов: Ульяновска, Саратова, Астрахани.

Заключение. Электромагнитная обстановка внутри городов сложным образом зависит от комплекса причин, среди которых ведущую роль играют характер использования земель и застройки и организация электроснабжения. Максимумы электромагнитного загрязнения приурочены к историческим центрам городов и рынкам, а минимумы – к рекреационным зонам. Однако указанные техногенные факторы в городах адаптируются к природным условиям, включая как зональные факторы (определяют климат и, соответственно, потребность в энергии), так и аональные (прежде всего, рельеф), определяющие планировку городов, а также условия и возможности подземной прокладки кабелей.

Библиографические ссылки

1. Residential exposure to magnetic fields from high-voltage power lines and risk of childhood leukemia // Carlotta Malagoli [et al.] // *Environmental Research*. Volume 232. 1 September 2023. 116320.
2. Exposure to magnetic fields and childhood leukemia: a systematic review and meta-analysis of case-control and cohort studies // Christian Brabant [et al.] // *Reviews on Environmental Health*, online first 2022.
3. Dynamics of electric and magnetic fields in case of the urban environment / V.I Sturman [et al.] // *E3S Web of Conferences* 265. 02001 (2021).
4. *Исаченко А. Г.* Ландшафты // Национальный атлас России. Т. 2. М.: ПКО Роскартография, 2008. С. 398-399.
5. МР 4.3.0177-20. 4.3. Методы контроля. Физические факторы. Методика измерения электромагнитных полей промышленной частоты 50 Гц на селитебной территории. Методические рекомендации. URL https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_380783/ (дата обращения: 16.08.2024).
6. *Сподобаев Ю. М., Кубанов В. П.* Основы электромагнитной экологии. М.: Радио и связь, 2000. 240 с.
7. *Стурман В. И., Логиновская А. Н.* Техногенные электромагнитные поля на городских территориях и подходы к их картографированию // *Известия РАН*. 2022. Серия географическая. Т. 86, № 2. С. 255–267.
8. *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.
9. *Токарева А. А., Кутлусарина Г. В., Аронова Ю. С.* Роль подземных и поверхностных вод аридной зоны в преобразованиях природных комплексов на примере Астраханской области // *Проблемы региональной экологии*. 2019. № 1. С. 78-84.