

УДК 504.055(470.26)

В. И. Стурман

**ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ
ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЧАСТОТЫ
В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ КАЛИНИНГРАДА**

43

Техногенные электромагнитные поля являются неизбежным следствием распространения электрических и электронных устройств в рамках современного научно-технического прогресса, и в то же время слабо изученным экологическим фактором окружающей среды. Исследование фактических уровней и пространственного распределения электромагнитных полей в г. Калининграде имело целью составление карты, определение статистически значимых характеристик для типов использования земель и застройки, выявление аномальных участков и оценку их соответствия гигиеническим нормативам и ориентировочным безопасным уровням. Выполненное инструментальное исследование электромагнитных полей промышленной частоты показало, что в центральной части Калининграда напряженность электрических полей достигает значительных величин только в непосредственной близости от высоковольтной линии. Магнитные поля промышленной частоты распространены повсеместно и крайне неравномерно, что нашло отражение на составленной карте. Гигиенические нормативы магнитной индукции соблюдаются, но ориентировочные безопасные уровни превышаются на аномальных участках, обусловленных влиянием кабелей подземной прокладки.

Artificial electromagnetic fields are a byproduct of the electrical or electronic devices as an inevitable consequence of the modern scientific and technical progress, and at the same time poorly studied environmental impact factor. Research of current levels and spatial distribution of electromagnetic fields in Kaliningrad aimed at mapping, defining statistically significant characteristics for types of land use and building types, revealing abnormal areas and their correspondence to hygienic standards and levels safety. The conducted research of electromagnetic fields of industrial frequency has shown that intensity of electric fields in the central part of Kaliningrad reaches considerable values only in immediate proximity to a high-voltage line. Magnetic fields of industrial frequency are extended everywhere and extremely unevenly that has been presented in the original map. Hygienic standards of magnetic induction are observed, but safety levels are exceeded in the abnormal locations caused by underground cables.

Ключевые слова: электромагнитные поля, магнитные поля, магнитная индукция, картографирование электромагнитных полей, Калининград.

Keywords: electromagnetic fields, magnetic fields, magnetic induction, mapping, Kaliningrad.



Введение

Электромагнитные поля (ЭМП) промышленной частоты не имеют природного фона и являются неизбежным спутником энергетических и телекоммуникационных систем различного назначения, число и многообразие которых стремительно растет. Вместе с тем ЭМП любых частотных диапазонов – недостаточно изученный экологический фактор. Исследования проблем электромагнитного загрязнения окружающей среды включают следующие аспекты:

– медико-биологические и гигиенические, выполняемые в лабораторных условиях и связанные с фиксацией эффектов дозированных воздействий ЭМП на организмы;

– физико-технические, включающие преимущественно расчеты распространения ЭМП и разработку в необходимых случаях профилактических мероприятий;

– геоэкологические, касающиеся реальных уровней и динамики ЭМП в различных природных и техногенных условиях.

Во всем мире преобладают исследования медико-биологических и гигиенических аспектов проблемы ЭМП. Они выполняются как минимум начиная с 1960-х гг. и представлены в многочисленных литературных источниках на разных языках [1; 2; 7–9; 12; 16–19]). Обобщая результаты исследований подобного рода, С. Занелла [19] выделил три основные группы биологических эффектов, обусловленных воздействием магнитных полей:

– изменение магнитной ориентации молекул, что может оказывать воздействие на свойства чувствительных к этому тканей и клеток организмов, в частности серных эритроцитов и хлоропластов в составе клеток, синовиальной жидкости суставов, стекловидного тела глаз и др.;

– магнитомеханические силы и крутящие моменты, также воздействующие на вещества в составе биологических тканей, имеющие ферромагнитные или парамагнитные свойства;

– индуцирование электрических токов внутри биологических объектов, что влечет за собой возбуждение нейронов, воздействующих на нервные и мышечные клетки, включая в том числе сердечную мышцу.

Последние рассматриваются как наиболее значимые, вследствие чего у людей, подвергающихся воздействию ЭМП повышенной интенсивности, по медико-статистическим данным, учащаются нарушения функционирования сердечно-сосудистой, иммунной, эндокринной, репродуктивной систем, процессов обмена веществ [7; 9; 17]. В то же время важно отметить, что исследования эффектов воздействия магнитных и электрических полей на здоровье человека в реальных условиях городов и промышленных зон осложнены в связи с многообразием и высокой изменчивостью негативных экологических факторов, действующих на урбанизированных территориях. Потому в оценках воздействия ЭМП на здоровье человека нередко отмечаются противоречия, а дискуссии о допустимых нормативах не прекращаются на протяжении десятилетий.



Так, в большинстве зарубежных экономически развитых стран негативное воздействие ЭМП низких, в том числе промышленных, частот до недавнего времени считалось недоказанным, хотя и активно изучалось в последние десятилетия. При этом в числе наиболее значимых последствий рассматривались риски повреждения ДНК, развития лейкемии и нарушений функционирования иммунной системы. С учетом этого в качестве примерного безопасного уровня магнитной индукции (которая измеряется в тесла и производных величинах — мкТл, нТл) рассматриваются 0,4 мкТл (400 нТл) [15] и даже 0,2 мкТл (200 нТл) [13], что на порядок меньше наиболее жесткого из принятых в России нормативов магнитных полей (5 мкТл в жилых помещениях, детских, дошкольных, школьных, общеобразовательных и медицинских учреждениях, согласно ГН 2.1.8/2.2.4.2262-07) и на три порядка ниже безопасного уровня для населения (100 мкТл), рекомендованного Международной комиссией по защите от неионизирующих излучений (ICNIRP) Всемирной организации здравоохранения в Руководстве по ограничению воздействия изменяющихся во времени электрических и магнитных полей 2010 г. [11], а также в директиве 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, чему посвящена соответствующая «дорожная карта» [14].

Физико-технические аспекты проблемы ЭМП в окружающей среде в настоящее время не относятся к числу активно развивающихся областей науки. Расчеты распределения характеристик электрических и магнитных полей все еще основываются на разработанных в XIX в. классических уравнениях Максвелла, при этом не учитываются диэлектрические свойства атмосферного воздуха и их изменчивость в зависимости от климатических и погодных условий. Методики расчета пространственного распределения значений ЭМП высоковольтных линий базируются на допущении о наличии гладкой однородной подстилающей поверхности и прямой видимости между точками наблюдения и излучающими объектами [4] без учета рельефа и иных особенностей местности.

Среди принципиально возможных мер защиты от воздействий ЭМП Ю. М. Сподобаев и В. П. Кубанов [4] выделяют следующие:

- пространственное и/или временное разделение источников ЭМП и людей, для чего в законодательстве предусматриваются санитарно-защитные и охранные зоны, а также ограничения времени нахождения персонала под воздействием ЭМП определенной интенсивности;
- обеспечение безопасного состояния среды, окружающей человека, посредством использования искусственных (различные постройки, специальные экраны) или естественных (элементы рельефа и растительности) препятствий на путях распространения ЭМП;
- использование в необходимых случаях средств индивидуальной защиты.

Геоэкологические аспекты проблемы ЭМП, связанные с уровнями их фактических проявлений, изучены наиболее слабо, и именно они составляют предмет данного исследования, выполненного в пределах центральной части г. Калининграда. Электромагнитная безопасность



населения в настоящее время обеспечивается санитарно-защитными и охранными зонами вдоль высоковольтных линий и других источников ЭМП, а также гигиенической сертификацией электрических приборов и устройств различного назначения. При этом вне рассмотрения остается комплекс вопросов, связанных с пространственной изменчивостью и временной динамикой ЭМП под воздействием природных и техногенных факторов, а также взаимодействие полей от различных источников — «электромагнитный смог».

В настоящее время ЭМП находятся на периферии внимания государственных органов управления природопользованием и общественных организаций экологической направленности. Мониторинг ЭМП не ведется. В федеральных и региональных докладах о состоянии окружающей среды об электромагнитных излучениях не говорится ничего. Изучение проблемы ЭМП в окружающей среде существенно осложняет глубокий междисциплинарный разрыв между физико-техническими науками и науками о Земле, крайне затрудняющий необходимое взаимодействие их представителей. Как результат, число жителей, подвергающихся воздействию магнитных полей более 0,3 мкТл, только в Москве и Московской области составляет от 100 до 300 тыс. [3]. В других регионах аналогичные расчеты и оценки пока не проводились.

Материалы и методы

Измерения показателей электрических и магнитных полей при исследовании в Калининграде выполнялись при помощи прибора Gigahertz Solutions ME 3830 В М/Е Analyser. Возможности данного прибора включают измерение напряженности электрического поля промышленной частоты (50 Гц) от 1 до 2000 В/м и интенсивности магнитных полей (магнитной индукции) той же частоты, в пределах от 1 до 2000 нТл. За исключением единичного случая замера электрического поля непосредственно под высоковольтной линией этого оказалось достаточно для измерения встречавшихся в Калининграде значений.

Поскольку указанный прибор оснащен однокоординатным датчиком магнитного поля, в каждой точке при выполнении измерения магнитной индукции посредством вращения прибора в двух плоскостях достигалось совпадение оси датчика и ориентации полного вектора магнитного поля. Свидетельством этого было достижение максимальной для данной точки величины магнитной индукции, каковое значение и фиксировалось. Измерения проводились на стандартной высоте 1,8 м от поверхности земли (согласно п. 6.4.2.4 СанПиН 2.1.2.2645-10), а при уточнении особенностей распределения аномальных значений — и на других уровнях, в том числе на поверхности земли (асфальта, плитки).

С учетом необходимости последующей интерпретации результатов точки выполнения измерений выбирались непосредственно на местности, по возможности в условиях однородного использования территорий и характера их застройки. При этом преследовались цели создания изолинейной карты и в то же время формирования представительных



выборки по основным типам использования земель и застройки. Исследование охватило центральную часть Калининграда (внутри кольца исторических фортификационных сооружений), а также территорию к западу от Северного вокзала (район просп. Мира – ул. Степана Разина – просп. Победы). Измерения были выполнены в июле – августе 2019 г. в 163 точках, расположенных в жилых кварталах, на улицах, дорогах и площадях, в парках и скверах. Кроме того, вблизи высоковольтной линии измерения производились в местах наибольшего провисания проводов каждые 5 м на одном поперечнике.

Статистическая обработка результатов измерений и выделение аномальных значений осуществлялись с использованием общепринятых формул в рамках программного продукта Excel. Интерполирование при построении карты выполнялось путем построения кривых Безье (сплайн-кривых), задававшихся результатами измерений в соседних точках. Аномальные значения отмечались на карте значками и при построении изолиний не учитывались.

Результаты исследования

Электрические поля устойчиво достигали значимых величин напряженности (более 1 В/м) только при измерениях в непосредственной близости от высоковольтной линии напряжением 110 кВ, проходящей над рынком в районе ул. Полоцкой. Результаты измерений представлены на рисунке 1. Как видно из него, снижение напряженности по мере удаления от проекции крайнего провода происходит быстро, но в 35 м выявляется слабо выраженный локальный максимум.

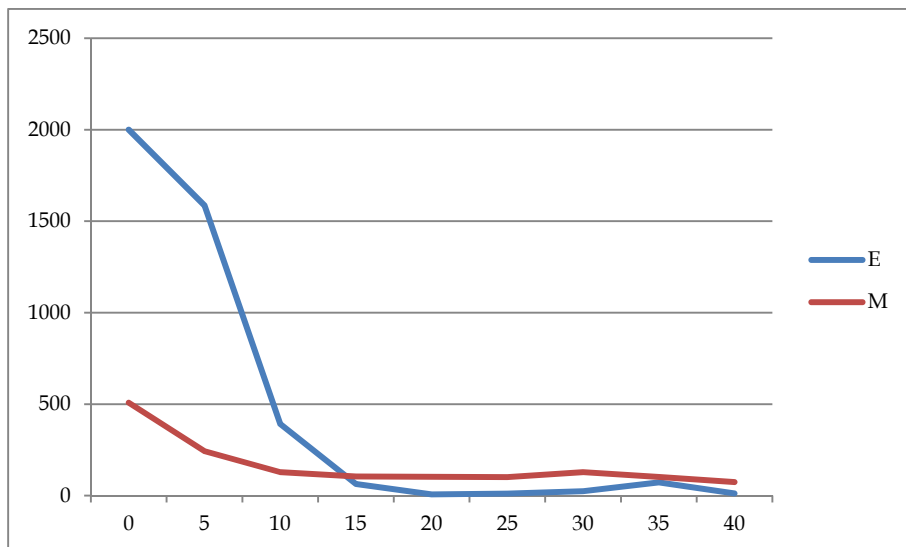


Рис. 1. Значения напряженности электрического поля (E, В/м) и магнитной индукции (M, нТл) на разных расстояниях (указаны по горизонтальной оси, м) от ВЛ-110 вдоль поперечника на территории рынка в районе ул. Полоцкой



Как следует из представленных на рисунке 1 результатов, в данном случае имеет место более чем двукратное превышение допустимой величины для зон жилой застройки (1 кВ/м согласно СанПиН 2.1.2.2645-10). Кроме того, такое расположение рынка не соответствует постановлению Правительства РФ от 24.02.2009 г. № 160 «О порядке установления охранных зон объектов электросетевого хозяйства и особых условий использования земельных участков, расположенных в границах таких зон», согласно которому под высоковольтными линиями напряжением 110 кВ и на расстоянии до 20 м от проекции крайнего провода должны располагаться охранные зоны, в пределах которых не могут размещаться объекты и проводиться мероприятия, связанные со значительным скоплением людей (вплоть до остановок общественного транспорта).

Помимо данной локации значимая (но не опасная) величина напряженности электрического поля (до 19 В/м) была отмечена в одной точке: на аномальном участке у пересечения ул. Фрунзе и ул. 9 Апреля.

Магнитные поля формируются не только высоковольтными линиями, но и многочисленными электротехническими устройствами производственного и бытового назначения. Как видно из рисунка 1, максимум магнитной индукции под высоковольтной линией выражен менее резко, но и убывание по мере удаления от нее происходит более медленно до достижения местного фона от совокупности прочих источников. Результаты измерений значений магнитной индукции в отдельных характерных и значимых точках представлены в таблице 1 (выборочно) и на рисунке 2.

Таблица 1

**Результаты измерений магнитной индукции
в отдельных точках г. Калининграда**

Место измерений	Измеренные значения, нТл	Характер использования и застройки
Ленинский просп., 39 – 61	52	Среднеэтажная 1950 – 1960-х гг.
У монумента «Мать-Россия»	5	Рекреационная
Ул. Профессора Баранова, 40	50	Среднеэтажная довоенная
У входа в гостиницу «Калининград»	160	Среднеэтажная 1950 – 1960-х гг.
Отель «Mercury»	41	Многоэтажная новая
Башня Дона	7	Рекреационная
Пл. Маршала Василевского	5	Площадь
Ул. Шиллера, 12	16	Малоэтажная довоенная
Ул. Зоологическая, 9	120	Среднеэтажная 1970 – 1980-х гг.
Просп. Победы, 21	28	Малоэтажная довоенная
Ул. Томская – Грига	220	Среднеэтажная довоенная
Ул. Пионерская, 68 – 70	6	Многоэтажная 1970 – 1980-х гг.
Ул. 9 Апреля, 102	16	Многоэтажная новая
У Музея Мирового океана	26	Рекреационная
Южный вокзал, у входа	24	Среднеэтажная довоенная
Южный парк, рavelин Хаберберг	4	Рекреационная
Остров Канта, у Кафедрального собора	3	Рекреационная



Средние характеристики магнитной индукции и их изменчивости в условиях разного характера использования территории и ее застройки представлены в таблице 2.

Таблица 2

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 квадратическое отклонение (σ)	Коэффициент вариации, %	Среднее значение при исключении аномалий по 3σ и 2σ пределам, нТл
Историческая (довоенная немецкая)	44	60	79	132	38,5
Среднеэтажная	38	62	86	139	47
Малоэтажная	6	45	—	—	—
Среднеэтажная 1950–1960-х гг. («хрущевки»)	42	52	48,5	93	40
Многоэтажная 1970–1980-х гг. («брежневки»)	36	68,7	92,6	135	41,5
Многоэтажная последних лет	12	23,4	50	213	10,6
Парки, скверы, площади	27	10,8	11	102	8,3

Как следует из приведенных в таблице 2 значений, имеющиеся в городе типы застройки и использования территорий, за исключением многоэтажной застройки последних лет и незастроенных территорий парков, скверов и площадей, сравнительно слабо различаются между собой по характеристикам магнитной индукции. В сравнении с другими городами следует отметить, что для исторической застройки Калининграда приведенные в таблице 2 характеристики в 3–5 раз ниже, чем в Москве, Санкт-Петербурге и Казани [5]; для среднеэтажной застройки 1950–1960-х гг. разница меньше – в 1,5–2 раза. Это может отражать различия как в качестве строительства и электрооборудования домов, так и в степени их насыщенности бытовыми электроприборами вследствие социально-экономических особенностей. Для многоэтажной застройки 1970–1980-х гг. и последних лет, а также парков, скверов, площадей разница показателей сравниваемых городов незначительная.

Аномальные значения магнитной индукции. Существенно более высокие значения магнитной индукции отмечены в пределах аномалий, обусловленных наличием недостаточно экранированных кабелей подземной прокладки. Такие аномалии (их расположение показано на рисунке 2, сведения приведены в таблице 3) выявляются не только путем статистической обработки результатов измерений, но и непосредственно.



венно на местности, путем повторных измерений. Вблизи и на поверхности земли (асфальта и т. п.) значения магнитной индукции резко возрастают (до 600–1200 нТл). Все обнаруженные аномалии незначительны по размерам, и уже в 20–30 м от аномальных точек значения магнитной индукции не отличаются от характерных для данного типа использования и застройки территории. Однако особенность Калининграда, выявленная по результатам исследования, заключается в довольно широком распространении таких аномалий, особенно в районе ул. Фрунзе и Московского проспекта.

Таблица 3

Сведения о выявленных аномальных значениях магнитной индукции, нТл

Место измерений	Измеренные значения, нТл	Дополнительная характеристика
ТЦ «Меркурий»	320	На асфальте более 1000 нТл
50 м к югу от второго с севера моста через Нижний пруд	23	На асфальте до 70 нТл
Ул. Театральная, 29	156	На земле до 700 нТл
Ул. Зарайская, 7–17	163	Высокие значения (100–150 нТл) в радиусе до 20 м. Во дворе за аркой до 420 нТл; на асфальте до 1100 нТл
Ул. Фрунзе – 9 Апреля	220	Электр. поле до 19 В/м. На асфальте до 600 нТл
Ул. 1812 года, 31–37	220	На асфальте до 700 нТл
Московский просп., 123–133	195	На земле до 500 нТл
Московский просп., 116	387	На асфальте более 1000 нТл
Московский просп., 14б	190	На земле более 300 нТл
Ул. Багратиона – Эпронская	350	На асфальте до 1200 нТл
Ул. Фрунзе – С. Тюленина	120	На асфальте до 300 нТл
Московский просп., 60–62	158	На земле до 600 нТл
Солнечный бульвар, 18	270	На асфальте до 600 нТл

Подобные аномалии характерны для всех городов, где проводились измерения и составлялись карты ЭМП. Распространенность аномалий обнаруживает прямую связь со степенью влажности климата и, соответственно, со степенью сложности прокладки кабелей. В Калининграде аномальными оказались 12,2 % точек измерения, тогда как в Ижевске – 6,0 %, в Казани – 7,8 %, в Москве и Белгороде – по 10,8 %, в Петрозаводске – 11,0 %, в Санкт-Петербурге – 13,9 % [6].

При данной плотности измерений о полноте выявления аномалий, связанных с кабелями подземной прокладки, речь не идет. Значения магнитной индукции в пределах выявленных аномалий на 2–3 порядка ниже действующего в России норматива 10 мкТл для селитебных зон согласно ГН 2.1.8/2.2.4.2262-07, однако ориентировочные безопасные значения по оценкам ряда зарубежных организаций [13; 15], составляющие 200–400 нТл, в аномалиях превышаются до 4–6 раз.



Обсуждение результатов

К исторически сложившимся особенностям Калининграда, оказавшим влияние в том числе на распределение характеристик магнитной индукции, следует отнести:

— значительное распространение исторической (немецкой довоенной) застройки, сохранившейся в виде как отдельных вкраплений среди зданий более поздних лет постройки, так и целых кварталов и в различной степени реконструированной;

— хаотичная сеть улиц в центральной части города, вследствие чего здесь в значительной степени утрачивается разница между собственно улицами, внутриквартальными проездами и дворами;

— наличие в центре города значительного по площади массива территорий с относительно слабой техногенной нагрузкой, включая остров Канта, недостроенный Дом советов на месте Королевского замка, прилегающую к нему обширную Центральную площадь, массивы зеленых насаждений вдоль реки Преголи;

— наличие практически сплошного кольца фортификационных сооружений XIX в., по большей части используемых как музеи и другие объекты культуры, а также зеленых насаждений.

Следствием указанных особенностей стала высокая контрастность показателей магнитной индукции, выражающаяся прежде всего в наличии в центральной части города обширной, широтно ориентированной полосы низких значений, проходящей параллельно реке Преголе. Как видно из рисунка 2, к северу и к югу от этой полосы значения магнитной индукции быстро нарастают. При этом, однако, участки устойчиво высоких значений, где можно говорить о явлении «электромагнитного смога», сравнительно невелики по размерам и расположены рассредоточенно: вдоль ул. Вагнера — Шевченко — Фрунзе, в районе ул. Кутузова — Пугачева, ул. Томской — Грига, Солнечного бульвара и к северу от Южного вокзала. Другой специфической особенностью изученной части городской территории является довольно широкое (сравнимое с центральной частью Москвы) распространение аномалий, обусловленных кабелями подземной прокладки.

Это означает, что существующая ситуация с ЭМП промышленной частоты в целом не представляет опасности для населения центральной части Калининграда. Расположенный под высоковольтной линией рынок в районе ул. Полоцкой — «исключение, подтверждающее правило». Его размещение не соответствует не только гигиеническому нормативу, но и установленному правительственным постановлением режиму использования охранных зон высоковольтных линий, то есть рынка в этом месте быть не должно.

С другой стороны, гигиенические нормативы ЭПМ промышленной частоты находятся в процессе пересмотра в сторону ужесточения до уровня 0,2—0,4 нТл. В связи с этим делаются первые оценки возможных последствий такого ужесточения, в частности по Москве и Московской



области [17]. Для центральной части Калининграда в этом случае неминуемо возникнет необходимость обследования состояния подземных кабелей и принятия мер к его улучшению.

Заключение

Выполненное инструментальное исследование показало, что с точки зрения соблюдения гигиенических стандартов центральную часть Калининграда можно считать благополучной в отношении ЭМП промышленной частоты, за исключением расположенного под высоковольтной линией рынка в районе ул. Полоцкой. Однако в случае принятия зарубежных ориентировочных безопасных уровней (200–400 нТл) неблагоприятными окажутся практически все выявленные (и оставшиеся невыявленными при данной степени детальности) аномальные участки, связанные с кабелями подземной прокладки.

Явление «электромагнитного смога» в центральной части Калининграда отмечается локально и относительно слабо, чему способствует наличие поясов низких значений магнитной индукции вдоль реки Преголи и кольца фортификационных сооружений XIX в. Обнаруженная в других городах зависимость величин магнитной индукции от общей техногенной нагрузки проявляется в условиях центральной части Калининграда в редуцированном виде, как относительно короткий ряд: застройка прошлых десятилетий – новая застройка – рекреационные пространства.

Список литературы

1. Истомин С.В., Мамзури Э.В. Подходы к гигиеническому нормированию электромагнитных излучений в Российской Федерации и за рубежом // Охрана и экономика труда. 2013. №2 (11). С. 10–12.
2. Пресман А.С. Электромагнитные поля и живая природа. М., 1968.
3. 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.
4. Сподобаев Ю.М., Кубанов В.П. Основы электромагнитной экологии. М., 2000.
5. 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/GIPR0 206-1619-2019-1(21-28).
6. Стурман В.И., Логиновская А.Н. Картографирование электромагнитных полей промышленной частоты в центральной части Ижевска // Вестник Удмуртского университета. Сер.: Биология, науки о Земле. 2019. №4. С. 479–487. doi: 10.35634/2412-9518-2019-29-4-479-487.
7. 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.



8. Федорович Г. В. Экологический мониторинг электромагнитных полей. М., 2004.
9. Яковлева М. И. Физиологические механизмы действия электромагнитных полей. Л., 1973.
10. Directive 2004/40/EC of the European Parliament and of the Council of 29 April 2004 on 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. 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. Li Gun, Du Ning. Equivalent Permittivity Based on Debye Model of Blood and Its SAR // International Journal of Science, Technology and Society. 2017. Vol. 5, №3. P. 37–40. doi: 10.11648/j. ijsts.20170503.12.
13. Muller B. Electrosmog. Hausgemachtes Problem // Bild Wiss. 1996. №4. P. 12–14.
14. National precautionary policies on magnetic fields from power lines in Belgium, France, Germany, the Netherlands and the United Kingdom. RIVM Report 2017-0118. P. 56. doi: 10.21945/RIVM-2017-0118.
15. 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/out128_en.pdf (дата обращения: 17.10.2019).
16. Pang Xiao-Feng, Li Gun. The Influences of Electromagnetic Field Irradiated by High Voltage Transmission Lines with 50 Hz on the Features of Blood in Animals // Journal of Tissue Science & Engineering. 2017. Vol. 8, iss. 1. doi: 10.4172/2157-7552.1000194.
17. Akinlolu P., Kazeem A. Assessment of Human Exposure to Magnetic Field from Overhead High Voltage Transmission Lines in a City in South Western Nigeria // American Journal of Engineering Research. 2015. Vol. 4, iss. 5. P. 154–162.
18. Schwan H. P. Nonthermal cellular effects of electromagnetic fields: AC-field induced ponderomotoric forces // British Journal of Cancer. 2009. Vol. 45. P. 220–224.
19. Zannella S. Biological effects of magnetic fields // CAS – CERN Accelerator School: Measurement and Alignment of Accelerator and Detector Magnets (Anacapri, Italy, 11–17 Apr 1997). Geneva, 1998. P. 375–386. doi: 10.5170/CERN-1998-005.375.

Об авторе

Владимир Ицхакович Стурман – д-р геогр. наук, Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, Россия.

E-mail: st@izh.com

The author

Prof. Vladimir I. Sturman, Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunications, Russia.

E-mail: st@izh.com