

УДК 504.75:577.3

*А.В. Чеховский, Н.К. Анисимов,  
А.С. Маршалкович***ВОЗДЕЙСТВИЕ  
ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ  
В ГОРОДСКОЙ  
УРБОЭКОСИСТЕМЕ  
И ИХ НЕГАТИВНОЕ ВЛИЯНИЕ  
НА ЗДОРОВЬЕ ГОРОЖАН**

Анализ работ ряда авторов показал, что здания городской застройки являются источником электромагнитных полей (ЭМП), величина которых создает постоянную структуру поля в наземном пространстве, а в случае плотной застройки эта величина может повышаться в междомовом пространстве из-за наложения ЭМП. С использованием ГИС-технологий можно определять границы зон влияния реально опасных объектов на территории. Рассмотрены вопросы распределения и воздействия ЭМП в городской среде: показано воздействие промышленных ЭМП на состояние здоровья населения в жилой зоне, а также представлены результаты экологического мониторинга в условиях большой территории МГУ им. М.В. Ломоносова

*Ключевые слова:* электромагнитное поле, городская среда, электромагнитное загрязнение, экологическая безопасность, здоровье населения, экологический мониторинг, пространственное распределение.

Постоянно возрастающий в последние несколько десятилетий уровень электромагнитного загрязнения среды является достаточно серьезной и актуальной проблемой. Электромагнитное поле является физическим полем, взаимодействующим с электрически заряженными телами, представляющим собой совокупность электрического и магнитного полей, которые могут при определенных условиях порождать друг друга [1]. Основные источники электромагнитного загрязнения: ГЭС, ЛЭП, различные промышленные источники, открытые распределительные устройства (ОРУ), радиосигналы, базовые станции (БС) сотовой связи, местные установки передачи данных, электротранспорт, жилые дома и другие здания на селитебной территории, бытовые электрические устройства.

До настоящего времени изучение биологической опасности электромагнитных полей (ЭМП) проводилось преимущественно в лабораторных условиях, на тестовых полигонах и в ряде узкоспециализированных производственных сфер, при этом в рамках этих исследований практически не было объективной оценки реального распределения интенсивностей физических полей в условиях селитебных территорий, жилых и общественных зданий.

В частности, в [2, 3] показано, что сооружения застройки в городской среде являются источниками ЭМП, величина которых создает достаточно постоянную структуру поля в наземном пространстве, а величина магнитной составляющей ЭМП с удалением от здания уменьшается, но в случае плотной застройки эта величина на расстоянии 40 м вновь повышается (из-за наложения ЭМП рядом стоящих зданий).

*A.V. Chekhovskiy, N.K. Anisimov,  
A.S. Marshalkovich***EXPOSURE  
TO ELECTROMAGNETIC  
WAVES IN THE URBAN  
ENVIRONMENT AND THEIR  
NEGATIVE INFLUENCE  
ON THE HEALTH  
OF URBAN RESIDENTS**

The analysis of the works by several authors has proven that buildings of urban areas are sources of electromagnetic fields; their intensity is the source of the permanent structure field in the terrestrial space, and if a building density is high, the intensity of electromagnetic fields may accrue due to the overlapping of sources of hazard in a specific area. GIS technologies may be employed to identify the boundaries of exposure to the sources of hazard in particular areas. The authors have also considered the pattern of distribution and influence of electromagnetic fields in the urban environment; in particular, the authors have analyzed the influence produced on the health of local residents by industrial electromagnetic fields. The authors also provide findings of the ecological monitoring performed in the extensive territory of the M.V. Lomonosov Moscow State University.

*Key words:* electromagnetic field, urban environment, electromagnetic pollution, ecological safety, population health, ecological monitoring, spatial distribution.

При этом опасность, состоит в том, что выполнение даже самых жестких официальных санитарно-гигиенических требований не гарантирует возможную неоднородность в распределении экологической нагрузки от ЭМП на горожан, поскольку электромагнитное загрязнение в условиях урбанизированных сред — достаточно сложное в пространственном отношении явление, формирующееся целым рядом физических процессов взаимодействия электромагнитного поля с объектами городской среды (отражение, дифракция), а также особенностями объектов инфраструктуры (мощность излучателя, диаграмма направленности антенны) [2, 3].

Следует отметить, что помимо плоскостного распределения в городской среде очень четко выявляется и вертикальная изменчивость в электромагнитной обстановке (на верхних этажах зданий она может ухудшаться в 8...10 раз по сравнению с уровнем 1-го этажа). Поэтому можно утверждать, что в настоящее время электромагнитная составляющая экологической безопасности не может дать верной информации о реальной экологической нагрузке на горожан, и при этом абсолютные величины санитарных нормативов на ЭМП таковы, что они заведомо не превышаются на расстоянии более нескольких десятков метров от наиболее часто встречающихся источников (БС сотовой связи, местные радиостанции и т.д.). К сожалению, имеющееся техническое оснащение большинства организаций, занимающихся экологическим мониторингом, не позволяет выявлять изменчивость таких экологических условий.

В связи с этим для реальной оценки электромагнитной обстановки в радиочастотном диапазоне, вероятно, требуется не только наличие соответствующего технического обеспечения, но и разработка методов прогнозирования величины ЭМП, которые помогут выбрать методику измерений, наилучшим образом соответствующую конкретным условиям. В работе сотрудников физического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова показано [4], что одним из основных условий применимости методов и алгоритмов расчета ЭМП является возможность проведения детальной пространственной декомпозиции их результатов (с использованием ГИС-технологии), в том числе для определения границ зон влияния реальных потенциально опасных объектов в зависимости от их расположения и технических характеристик.

Авторами во время моделирования учитывались такие базовые процессы распространения волн, как отражение от поверхности земли и стен зданий, дифракция на ребрах зданий и сооружений, а также затухание при прохождении сквозь зеленые насаждения. При этом использовались особенности излучателя (мощность, частота и высота подвеса антенны). Кроме расчетов уровня поля, разработанное программное обеспечение позволило также провести и оценку среднеквадратичной точности прогноза поля путем сравнения расчетных и экспериментальных данных. Некоторое снижение точности прогноза при процессах отражения связано с недостатком данных о характеристиках и не учитываемых мелких деталях отражающих поверхностей, так как в распоряжении исследователя имелись только плановые очертания зданий. Ниже приведены трехмерное отображение проникновения радиосигнала в зону радиотени за счет дифракционных эффектов (рис. 1) и пример формирования пространственной структуры электромагнитного поля в условиях преобладания процессов отражения (рис. 2) [4].

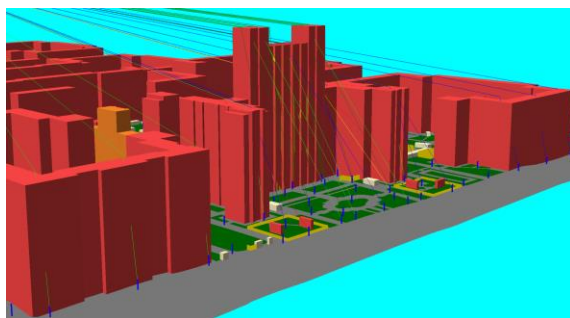


Рис. 1. Проникновение радиосигнала 100 МГц в зону радиотени за счет дифракционных процессов [4]

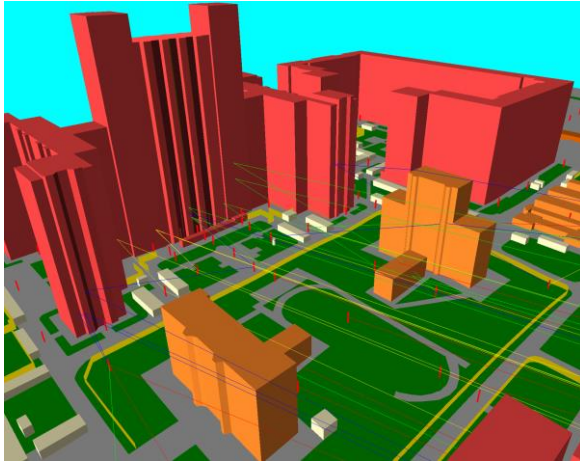


Рис. 2. Распространение радиосигнала 100 МГц в условиях процессов отражения радиоволн от поверхности здания [4]

Следует отметить, что решение таких задач может быть более эффективным в случаях обработки большого количества недостаточно изученной экологически значимой информации (характер рельефа территории, растительности, структуры почв и др.), что очень важно, поскольку в настоящее время уже имеется много данных о влиянии воздействия ЭМП на здоровье человека.

Всемирная организация здравоохранения, учитывая негативное влияние этого физического загрязняющего фактора на состояние здоровья населения, считает данную проблему одной из наиболее приоритетных и значимых для человеческого сообщества. Ряд авторов [5, 6] считает, что ЭМП техногенного происхождения являются факторами риска развития злокачественных новообразований, заболеваний сердечнососудистой, нервной и эндокринной систем, вызывают патологии беременности и врожденные аномалии у младенцев. Однако другие ученые подвергают подобные гипотезы сомнению по причине недостаточной изученности механизмов биологического воздействия ЭМП и неоднозначности результатов проводимых эпидемиологических исследований [7], что, в свою очередь, только подчеркивает необходимость дальнейшего изучения влияния электромагнитного загрязнения на здоровье человека.

Исследования электромагнитных полей как реально существующего фактора окружающей среды в условиях города должны учитывать массу различных показателей (начиная от наличия ЛЭП и промышленных источников ЭМП, заканчивая плотностью жилой застройки и мест массового скопления людей). В то же время необходимо учитывать геомагнитное поле земли и его искажение техногенными источниками.

Известно, что согласно нормативным требованиям [8] в местах длительного нахождения людей напряженность ЭП ( $E$ ) не должна превышать ПДУ (1 кВ/м), а напряженность МП ( $H$ ) — ПДУ (1 А/м); территории, попадающие под воздействие ЭМП большей напряженности, необходимо отводить под санитарно-защитные зоны.

В [9] с целью изучения электромагнитной обстановки г. Тольятти была проведено исследование по выявлению наиболее неблагоприятных зон промышленного электромагнитного загрязнения в селитебной зоне Комсомольского и Шлюзового районов. Выбор этих территорий был обусловлен близким расположением Жигулевской ГЭС и наличием разветвленной сети ЛЭП (до 500 кВ), проходящей по названным районам. Уровни электрической и магнитной напряженности замерялись в 42 точках селитебной территории Комсомольского района и 56 точках жилой зоны Шлюзового района (табл.).

Результаты измерений напряженности ЭМП [9]

Район	Кол-во измерений	Электрическая составляющая $E$ , кВ/м	Магнитная составляющая $H$ , А/м
Комсомольский	42	0,002...0,006	0,035...0,680
Шлюзовой	56	0,002...1,680	0,025...1,560

Результаты полученных измерений показали, что электромагнитный фон в Шлюзовом районе менее благополучен, чем в Комсомольском: напряженность электрического и магнитного полей в некоторых точках жилых кварталов превышает ПДУ. Отмечена неравномерность пространственного распределения показателей напряженности электрического и магнитного полей. Поэтому для определения зон, наиболее подверженных негативному воздействию ЭМП, точечные значения измеренной напряженности электрического и магнитного полей были интерполированы. На основе результатов интерполяции были построены изолинии распределения ЭМП (рис. 3).

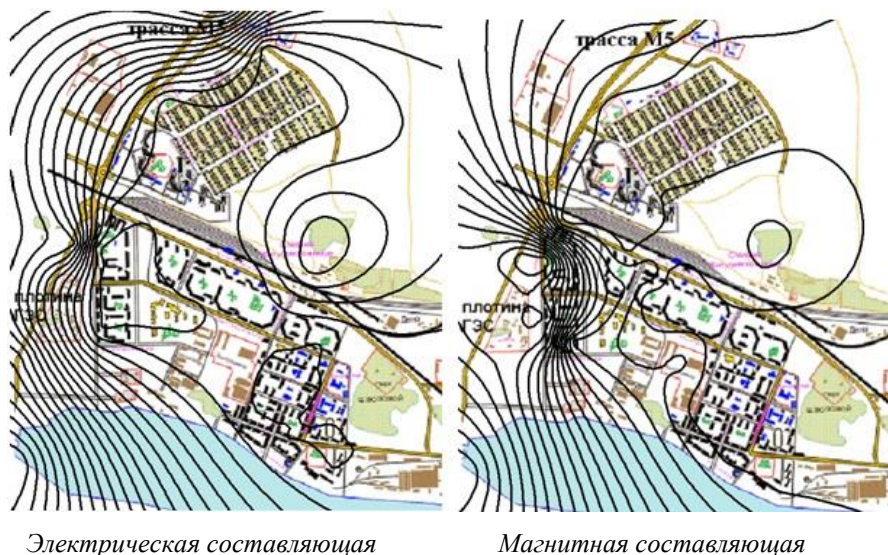


Рис. 3. Пространственное распределение электрической и магнитной составляющей ЭМП промышленной частоты на территории Шлюзового района г. Тольятти [9]

Основным источником электромагнитных полей в Шлюзовом районе являются ЛЭП. Именно этот участок («сгустки» изолиний (см. рис. 3)), расположенный вблизи от проходящей ЛЭП, является зоной самых больших уровней напряженности ЭМП. В эту зону попадают некоторые жилые кварталы, постоянно находящиеся под воздействием ЭМП, заметно превышающего ПДУ. Учитывая это, селитебная территория Шлюзового микрорайона была условно поделена на две зоны: «зона превышения» и «зона нормы».

Для анализа влияния ЭМП на здоровье горожан были рассмотрены медико-статистические данные по двум группам населения в этих двух зонах. Источниками информации о заболеваемости являлись материалы одной из городских поликлиник г. Тольятти (№ 4) за 2006 г. При этом выбирались статистические данные, характеризующие распространенность заболеваний, возможных с учетом биологического воздействия ЭМП, к ним были отнесены нарушения состояния сердечно-сосудистой системы, нервной системы и органов чувств. Количество случаев заболеваемости по всем возрастным категориям показано на рис. 4.

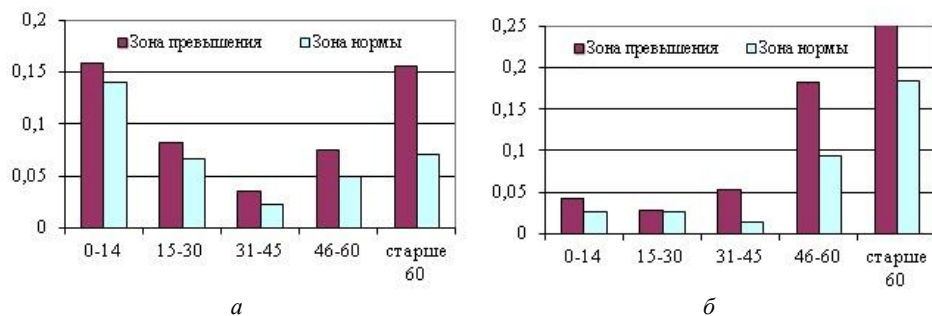


Рис. 4. Распределение заболеваемости по возрастным категориям [9]: а — болезни нервной системы и органов чувств; б — болезни системы кровообращения

Из рис. 4 следует, что наиболее существенными оказались различия в значениях заболеваемости нервной системы и органов чувств для людей старше 60 лет и в показателях заболеваемости сердечно-сосудистой системы для населения от 30 до 60 лет.

Наибольший вклад в электромагнитное воздействие на городскую среду, в том числе на низких частотах, дают основные потребители электрического тока промышленных частот [10]. На окраине крупного промышленного города (Екатеринбурга) амплитуда магнитной индукции в 100 раз выше, чем на значительном удалении от него, где она главным образом представлена естественными геомагнитными вариациями. В центральных районах города амплитуда магнитной индукции в области низких частот еще выше, до 400...600 нТл и более.

Из-за высокой энергетической насыщенности селитебной территории застройкой в современном городе жилые дома также являются источником городского электромагнитного «смога». Вблизи жилых домов наблюдаются резкие скачки и перепады магнитного поля (25 нТл и более), что связано с эксплуатацией мощных электробытовых приборов и оборудования внутри этих зданий. Постоянно движущийся городской транспорт также является распределенным генератором непрерывных вариаций электромагнитного поля низких частот, причем амплитуда вариаций может достигать величины 1000 нТл и более. Все это говорит о том, что техногенный низкочастотный магнитный шум в крупных городах превышает вариации невозмущенного геомагнитного поля в сотни раз, что может пагубно сказываться на здоровье населения [10].

Для изучения распределения электромагнитных полей в городской среде, не подверженной влиянию промышленных источников ЭМП, были рассмотрены результаты экологического мониторинга участка территории МГУ им. М. В. Ломоносова, в пределах которого имеется 6 мест установки антенн сотовой связи, а также еще 13 вне его на расстоянии до 1 км (рис. 5) [11]. Измерения проводились в двух режимах: Max (позволяет оценить максимальную величину поля) и Max average (характеризует величину поля с осреднением по времени).

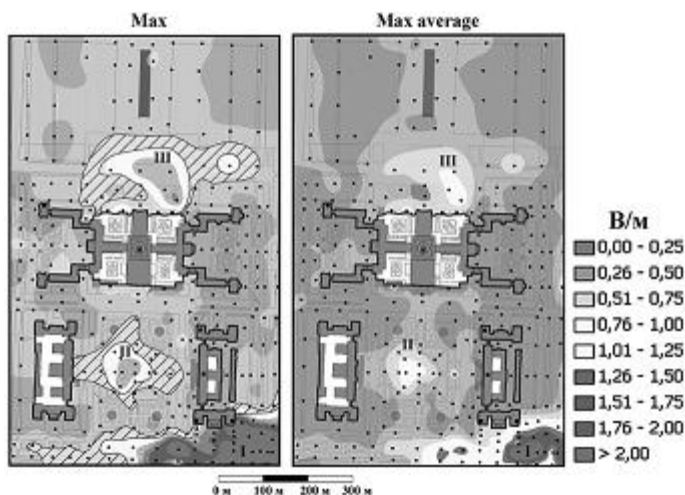


Рис. 5. Распределение напряженности ЭМП на участке территории МГУ им. М. В. Ломоносова [11]

В соответствии с требованиями МГСН 2.03-97, для селитебных территорий установлен ПДУ электромагнитных полей, равный 3,4 В/м. Результаты проведенных измерений показали, что среднее значение напряженности поля по измерениям в режиме Max ниже ПДУ в 5,8 раза, а для режима Max average — в 8,9 раза. Превышается ПДУ только в двух точках в режиме Max (3,7 и 4,6 В/м соответственно), поэтому электромагнитная обстановка в целом соответствует принятым критериям безопасности. На рис. 5 показано пространственное распределение напряженности поля по результатам измерений в режиме Max (слева) и Max average (справа); БС сотовой связи показаны квадратами; штриховкой показана зона смены структуры многолучевости (распространение радиоволн от источника к приемнику может

происходить несколькими путями одновременно); вокруг зданий показаны барьеры интерполяции [11].

*Выводы:*

из полученных результатов следует, что население крупных городов и их окрестностей постоянно находится под воздействием сильно возмущенного электромагнитного поля низких и особо низких частот, которое аналогично естественной магнитной буре интенсивностью 4-6 баллов;

электромагнитное воздействие в условиях городской застройки достаточно сложное явление, формирующееся за счет различных физических процессов (отражение, дифракция и др.), а также когерентных особенностей объектов инфраструктуры, являющихся источниками ЭМП;

техногенный низкочастотный магнитный шум в крупных городах и промышленных центрах может быть одним из скрытых факторов риска, негативно влияющих на жизнь и здоровье человека;

совокупность экспериментальных результатов свидетельствует о высокой пространственной неоднородности электромагнитного загрязнения в условиях урбанизированных сред и необходимости постоянного использования высокочувствительной аппаратуры и использования ГИС-технологий для объективной оценки такой неоднородности.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Допустимые параметры электромагнитных излучений в помещениях жилых и общественных зданий и на селитебных территориях. МГСН 2.03—97. М. : НИИЦ, 1997. 15 с.
2. Антонов В.А., Сидорова А.Э., Яковенко Л.В. Влияние электромагнитных полей промышленной частоты на устойчивость био- и урбоэкосистем // Экология урбанизированных территорий. 2007. № 1. С. 25—34.
3. Анисимов Н.К., Гуков М.А., Маршалкович А.С. Оценка влияний техногенных загрязнений на природные компоненты городской среды и жизнедеятельность населения // Актуальные задачи и перспективы развития городского строительства и хозяйства / Сборник научн. трудов. Вып. 2. М. : Прима-пресс Экспо. 2009. С. 78—84.
4. Потапов А.А., Турчанинов А.В., Королев А.Ф. Методы радиофизического моделирования с использованием ГИС в обеспечении электромагнитной безопасности урбанизированных территорий // Экология урбанизированных территорий. 2007. № 1. С. 57—62.
5. Пивоваров Ю.П. Гигиена и экология человека. М. : Всеросс. учеб. центр Минздрава РФ. 1999. 192 с.
6. Электромагнитные поля и здоровье человека / под ред. Ю.Г. Григорьева. М. : Изд-вооо РУДН. 2002. 180 с.
7. Ревич Б.А., Авалиани С.Л., Тихонова Г.И. Экологическая эпидемиология / под ред. Б.А. Ревича. М. : ИЦ «Академия». 384 с.
8. СанПиН 2.1.2.1002-00 «Санитарно-эпидемиологические требования к жилым зданиям и помещениям».
9. Розенберг Г.С., Лифиренко Н.Г., Костина Н.В. Воздействие электромагнитного загрязнения на здоровье населения (на примере г. Тольятти) // Экология урбанизированных территорий. 2007. № 4. С. 21—24.
10. Тягунов Д.С. Техногенное электромагнитное поле как экологический фактор // Экология урбанизированных территорий. 2011. № 2. С. 45—50.
11. Потапов А.А. Экологический мониторинг электромагнитных полей радиочастотного диапазона в условиях города с применением ГИС-технологий // Экология урбанизированных территорий. 2010. №3. С. 20—29.

#### REFERENCES

1. MGSN 2.03—97. *Dopustimye parametry elektromagnitnykh izlucheniy v pomeshcheniyakh zhilykh i obshchestvennykh zdaniy i na selitebnykh territoriyakh* [Moscow Urban Construction Norms 2.03—97. Acceptable Values of Electromagnetic Emissions inside Residential and Public Buildings in Populated Areas]. Moscow, NIATs Publ., 1997, 15 p.
2. Antonov V.A., Sidorova A.E., Yakovenko L.V. *Vliyanie elektromagnitnykh poley promyshlennoy chastoty na ustoychivost' bio- i urboekosistem* [Influence of Industrial Frequency Electromagnetic Fields on Stability of Biological and Urban Ecosystems]. *Ekologiya urbanizirovannykh territoriy* [Ecology of Urbanized Territories]. 2007, no. 1, pp. 25 — 34.
3. Anisimov N.K., Gukov M.A., Marshalkovich A.S. *Otsenka vliyaniy tekhnogennykh zagryazneniy na prirodnye komponenty gorodskoy sredy i zhiznedeiyatel'nost' naseleniya* [Assess-

ment of Influences Produced by Anthropogenic Pollutions on Natural Components of the Urban Environment and Life of the Population]. *Aktual'nye zadachi i perspektivy razvitiya gorodskogo stroitel'stva i khozyaystva* [Relevant Objectives and Development Prospects of the Urban Construction and Economy]. *Sbornik nauchn. trudov.* [Collection of Research Works]. Moscow, Pri-ma-press Ekspo Publ., 2009, pp. 78 — 84.

4. Potapov A.A., Turchaninov A.V., Korolev A.F. Metody radiofizicheskogo modelirovaniya s ispol'zovaniem GIS v obespechenii elektromagnitnoy bezopasnosti urbanizirovannykh territoriy [Using Methods of GIS-based Radiophysical Simulation to Assure Electromagnetic Safety of Urbanized Territories]. *Ekologiya urbanizirovannykh territoriy* [Ecology of Urbanized Territories]. 2007, no. 1, pp. 57—62.

5. Pivovarov Yu.P. *Gigiena i ekologiya cheloveka* [Hyman Hygiene and Ecology]. Moscow, Vseross. ucheb. tsentr Minzdrava RF publ., 1999, 192 p.

6. Grigor'ev Yu.G., editor. *Elektromagnitnye polya i zdorov'e cheloveka* [Electromagnetic Fields and Human Health]. Moscow, RUDN Publ., 2002, 180 p.

7. Revich B.A., Avaliani S.L., Tikhonova G.I., Revich B.A., editor. *Ekologicheskaya epidemiologiya* [Ecological Epidemiology]. Moscow, Akademiya Publ., 384 p.

8. *SanPiN 2.1.2.1002-00 «Sanitarno-epidemiologicheskie trebovaniya k zhilym zdaniyam i pomeshcheniyam»* [Sanitary and Epidemiological Rules and Regulations 2.1.2.1002-00. Sanitary and Epidemiological Requirements Applicable to Residential Buildings and Premises].

9. Rozenberg G.S., Lifrenko N.G., Kostina N.V. Vozdeystvie elektromagnitnogo zagryazneniya na zdorov'e naseleniya (na primere g. Tol'yatti) [Influence of Electromagnetic Pollution to the Health of the Population (exemplified by Togliatti)]. *Ekologiya urbanizirovannykh territoriy* [Ecology of Urbanized Territories]. 2007, no. 4, pp. 21 — 24.

10. Tyagunov D.S. Tekhnogennoe elektromagnitnoe pole kak ekologicheskiy faktor [Anthropogenic Electromagnetic Field as an Ecological Factor]. *Ekologiya urbanizirovannykh territoriy* [Ecology of Urbanized Territories]. 2011, no. 2, pp. 45 — 50.

11. Potapov A.A. Ekologicheskiy monitoring elektromagnitnykh poley radiochastotnogo diapazona v usloviyakh goroda s primeneniem GIS-tekhnologiy [Using GIS Technologies to Perform Ecological Monitoring of Electromagnetic Fields of the Radio-frequency Range in the Urban Environment]. *Ekologiya urbanizirovannykh territoriy* [Ecology of Urbanized Territories]. 2010, no. 3, pp. 20 — 29.

Поступила в редакцию в мае 2013 г.

Об авторах: **Чеховский Александр Владимирович**, студент, ФГБОУ ВПО «Московский государственный строительный университет» (ФГБОУ ВПО «МГСУ»), 129337, Москва, Ярославское шоссе, д. 26, chevovsky@mail.ru;

**Анисимов Николай Константинович**, инженер, ЗАО «ТеплоРКК «Энергия», cola112@mail.ru;

**Маршалкович Александр Сигизмундович**, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, профессор ФГБОУ ВПО «МГСУ» 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, mars.eko@mail.ru

About the authors: **Chekhovskiy Aleksandr Vladimirovich**, student, **Moscow State University of Civil Engineering (MGSU)**, 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation, chevovsky@mail.ru;

**Anisimov Nikolay Konstantinovich**, engineer, «ТеплоРКК «Energy», cola112@mail.ru;

**Marshalkovich Aleksandr Sigizmundovich**, Candidate of Technical Sciences, Professor, **Moscow State University of Civil Engineering (MGSU)**, 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation, mars.eko@mail.ru

Для цитирования:

*Чеховский А.В., Анисимов Н.К., Маршалкович А.С.* Воздействие электромагнитных полей в городской урбоэкосистеме и их негативное влияние на здоровье горожан [Электронный ресурс] // Строительство: наука и образование. 2013. Вып. 2. Ст. 5. Режим доступа: <http://www.nso-journal.ru>.

For citation:

*Chekhovskiy A.V., Anisimov N.K., Marshalkovich A.S.* Vozdeystvie elektromagnitnykh poley v gorodskoy urboekosisteme i ikh negativnoe vliyanie na zdorov'e gorozhan [Exposure to Electromagnetic Waves in the Urban Environment and Their Negative Influence on the Health of Urban Residents] // *Stroitel'stvo: nauka i obrazovanie* [Construction: Science and Education], 2013, no. 2, paper 5. Available at: <http://www.nso-journal.ru>