

УДК 504.054, 504:064.3

## МОНИТОРИНГ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ ТЕРРИТОРИИ ГОРОДСКОГО ОКРУГА ТОЛЬЯТТИ И ОЦЕНКА ИХ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ

© 2008 А.В. Васильев<sup>1</sup>, М.А. Школов<sup>1</sup>, Л.А. Перешивайлов<sup>1</sup>, Н.Г. Лифиренко<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Тольяттинский государственный университет, г. Тольятти

<sup>2</sup>Институт экологии Волжского бассейна РАН, г. Тольятти

Обсуждаются проблемы мониторинга электромагнитных полей урбанизированных территорий. Рассматриваются измерения электромагнитных полей на селитебной территории городского округа Тольятти. Проведен анализ результатов измерений. Построены карты электромагнитных полей. Осуществлена оценка воздействия электромагнитных полей на здоровье населения Комсомольского района городского округа Тольятти.

Современный город представляет сложную систему, отличающуюся повышенным воздействием на окружающую среду и человека ряда экологических факторов. В результате практически любой город с развитой промышленностью испытывает такие экологические проблемы, как загрязнение гидросферы, литосферы и атмосферы, рост числа промышленных и бытовых отходов и пр. Если эти проблемы достаточно очевидны, то воздействию физических (электромагнитных, инфразвуковых, вибрационных, ионизирующих, тепловых и др.) полей долгое время не уделялось должного внимания [1, 4, 9]. Серьезную проблему представляет воздействие электромагнитных полей. По данным Роспотребнадзора, в России воздействию «сверхнормативных» уровней электромагнитных полей (ЭМП) подвергается около 1 млн. человек. По статистическим данным, отмечается рост случаев заболевания лейкозом и раком детей и взрослых, проживающих вблизи высоковольтных линий электропередач и радиопередатчиков. Число раковых заболеваний у жителей районов вблизи ЛЭП в 3 раза чаще, чем для жителей районов без электромагнитного воздействия. Опубликовано немало работ, в которых авторы предполагают, что ЭМП техногенного происхождения являются факторами риска развития злокачественных новообразований, заболеваний сердеч-

но-сосудистой, нервной и эндокринной систем, болезнью Альцгеймера и Паркинсона, вызывают патологии беременности и врожденные аномалии у младенцев. Для своевременного принятия мер по снижению негативного воздействия необходимо осуществление качественного контроля и прогнозирования уровня электромагнитных полей.

Для городского округа Тольятти характерно наличие ряда интенсивных источников электромагнитных полей (ЛЭП, антенн, устройств телекоммуникации и др.), оказывающих значительное воздействие на прилегающую селитебную территорию. Проблема усугубляется тем, что ряд участков селитебной территории недопустимо близко примыкает к источникам электромагнитных полей. Между тем исследования внешних источников электромагнитных полей в условиях Тольятти последний раз проводились в 1994 г. при составлении экологического атласа города, причем исследований электромагнитных полей радиочастотного диапазона не проводилось [8].

В рамках проведения работ по гранту РФФИ-ОФИ, а также при поддержке мэрии Тольятти были осуществлены исследования ряда физических загрязнений, в том числе электромагнитных полей, на селитебной территории Самарской области.

Авторами были проведены оценки резуль-

татов предыдущих исследований, собственные оценочные расчеты и контрольные измерения, которые позволили определить наиболее проблемные зоны для последующих более детальных измерений. Так, был сделан вывод о необходимости измерений вблизи линий электропередач (ЛЭП), при этом особое внимание необходимо обращать на места провисания проводов воздушных ЛЭП, где уровень излучения существенно возрастает. В частности, оценка интенсивности излучения электромагнитных полей в диапазоне работы средств мобильной связи показала, что его уровни в основном ниже действующих гигиенических требований. Что касается радиочастотного диапазона электромагнитных полей, то авторы пришли к выводу о необходимости проведения контрольных измерений для подтверждения безопасности воздействия электромагнитных полей радиочастотного диапазона, в том числе вблизи телестанций [3, 7].

Натурные измерения физических полей осуществлялись на селитебной территории Тольятти. При обследовании уровней электромагнитных полей здесь были проведены измерения для диапазона промышленной частоты [электрическая составляющая  $E$  (кВ/м) и магнитная составляющая  $H$  (А/м)] и измерения электромагнитных полей радиочастотного диапазона [электрическая составляющая  $E$  (кВ/м), магнитная составляющая  $H$  (А/м) и плотность потока энергии ППЭ (мкВт/см<sup>2</sup>)].

Для измерения характеристик электромагнитных полей промышленной частоты (электрической и магнитной составляющей), возбуждаемых вблизи электроустановок высокого напряжения (в частности, линий электропередач), использовался измеритель напряженности поля промышленной частоты ПЗ-50 в комплекте с антеннами ЕЗ-50 и НЗ-50. Для измерения напряженностей электрического и магнитного полей, а также плотности потока энергии радиочастотного диапазона использовался измеритель напряженности поля малогабаритный микропроцессорный ИПМ-101М в комплекте с антеннами Е01 и Н01. Оба измерителя проверены ФГУП

«ВНИИФТРИ» Госстандарта России. Полученные в результате измерений значения напряженности переменных электрических и магнитных полей и плотности потока энергии в диапазоне радиочастот оценивались в соответствии с гигиеническими требованиями, установленными действующими санитарными правилами и нормами СанПиН 2.1.2.000-2000.

Результаты измерений напряженностей переменных электрического и магнитного полей промышленной частоты в селитебной территории Комсомольского района Тольятти и их соответствия гигиеническим требованиям показывают, что наибольшие значения напряженности переменного электрического поля наблюдались при измерениях под линией электропередач. Результаты сопоставления измеренных значений для каждой из точек (Комсомольский район) с нормативными требованиями позволяют заключить, что превышение нормативов по электрической составляющей наблюдается по ул. Есенина, плотина ГЭС (пересечение с ЛЭП, 300 м от поста ГАИ в сторону Тольятти) и др.

Если электромагнитный фон в жилой зоне Комсомольского района в основном соответствует нормативно-гигиеническим требованиям, то ситуация в Шлюзовом районе менее благополучна: напряженность как электрического, так и магнитного полей, в некоторых точках жилых кварталов выше предельно допустимых значений. При этом отмечена неравномерность пространственного распределения обеих составляющих ЭМП.

Основным объектом-источником электромагнитных полей в Шлюзовом районе являются линии электропередачи. Именно тот участок (на рисунках это «сгустки» изолиний), который расположен в непосредственной близости от проходящей ЛЭП, определился как зона самых больших уровней напряженности электрической и магнитной составляющей. Причем в эту зону попадают некоторые жилые кварталы, постоянно находящиеся под воздействием электромагнитного фона, заметно превышающего санитарно-гигиенические нормативы. Принимая это во внимание, селитебную территорию Шлюзо-

вого микрорайона можно условно разделить на две зоны: «зона превышения» и «зона нормы».

Результаты измерений напряженностей переменных электрического и магнитного полей промышленной частоты в селитебной территории Центрального района г. Тольятти и их соответствия гигиеническим требованиям позволяют сделать вывод, что превышения нормативов не выявлено. Однако в некоторых точках в проекциях ЛЭП наблюдается повышенное значение напряженности переменного электрического поля:

1. Ул. Мичурина (ост. «Ул. Индустриальная» – проекция ЛЭП), точка К-77,  $|E| = 0,730$  кВ/м (значительное превышение фонового значения);

2. Ул. Ларина (район кольцевой развязки – проекция ЛЭП), точка К-80,  $|E| = 0,110$  кВ/м;

3. Ул. Лесная (кольцо магазина «Автолюбитель», проекция ЛЭП), точка К-32,  $|E| = 0,100$  кВ/м;

4. Ул. Мира (кольцо ул. Мира – ул. Комсомольская – ул. Индустриальная, проекция ЛЭП), точка К-33,  $|E| = 0,075$  кВ/м.

Результаты измерений напряженности переменного электрического поля в диапазоне радиочастот в селитебной территории Центрального района Тольятти, а также плотности потока энергии (ППЭ, мкВт/см<sup>2</sup>) и их соответствия гигиеническим требованиям превышения нормативных значений напряженностей переменных электромагнитных полей радиочастотного диапазона на территории Тольятти не выявлено, однако значительное превышение фоновых значений наблюдалось в точке № 6 по ул. Мира, 65 (в районе «Лада ТВ»). Превышение нормативных значений плотности потока энергии согласно СанПиН 2.1.2.000-2000 [6], выявлено в точке № 6 по ул. Мира, 65 (в районе «Лада ТВ»).

Как показывает сопоставление измеренных значений напряженности переменного электрического поля промышленной частоты с нормативными требованиями, превышений нормативных гигиенических требований в селитебной зоне Автозаводского района не выявлено. Однако в точке № 35 по ул.

Борковской (район подстанции ВАЗа) в проекции ЛЭП наблюдается повышенное значение напряженности переменного электрического поля (значительное превышение фонового значения),  $|E| = 0,150$  кВ/м.

Были также проведены измерения напряженности переменного электрического поля и плотности потока энергии в диапазоне радиочастот в селитебной территории Автозаводского района Тольятти. Незначительное превышение нормативных значений напряженностей переменных электромагнитных полей радиочастотного диапазона на территории Автозаводского района выявлено в точках №№ 30-31 по Московскому проспекту, 21 (в районе Дома связи), где имеется передающая антенна: точка № 30 – в диапазонах 100 МГц и 200 МГц значения напряженностей переменных электромагнитных полей радиочастотного диапазона соответственно составляют 3,27 и 3,02 В/м (при норме 3,0 В/м); точка № 31 – в диапазоне 100 МГц значение напряженности переменного электромагнитного поля составляет 3,01 В/м. Вблизи передающей антенны наблюдается также значительное превышение фоновых значений напряженностей переменных электромагнитных полей радиочастотного диапазона. В то же время в районе ТВ ВАЗа по ул. Орджоникидзе никаких превышений значений напряженностей переменных электромагнитных полей радиочастотного диапазона не выявлено.

На основании анализа результатов измерений плотности потока энергии (ППЭ, мкВт/см<sup>2</sup>) можно сделать следующий вывод: превышение нормативных значений плотности потока энергии, согласно СанПиН 2.1.2.000-2000 выявлено в точках №№ 31-34 по Московскому проспекту, 21 (в районе Дома связи), где имеется передающая антенна. В примечании к табл. 7.4.1.3.1. СанПиН 2.1.2.000-2000 [6] говорится, что для случаев облучения от антенн, работающих в режиме кругового обзора с частотой вращения диаграммы направленности не более 1 Гц и скважностью вращения не менее 20, допускаются значения плотности потока энергии 100 мкВт/см<sup>2</sup>. Но даже в этом случае наблю-

дается превышение норм почти в два раза. Таким образом, необходимо более полное исследование характеристик по плотности потока энергии в данных точках. В том числе необходимо провести контрольные измерения значений плотности потока энергии в близлежащих жилых домах с согласия жильцов.

В других точках измерений плотности потока энергии на территории Автозаводского района городского округа Тольятти превышения гигиенических норм по плотности потока энергии не выявлено. Некоторое превышение фоновых значений наблюдалось в точке № А-28 по ул. Дзержинского, 36. Однако гигиенические нормативы в данной точке не превышены.

В научно-исследовательской лаборатории «Виброакустика, экология и безопасность жизнедеятельности» Тольяттинского государственного университета разработано программное обеспечение «Electro-City-Test» по расчету электромагнитных полей внешних

источников [2, 7]. В окне программы на рис. 1 показаны графики изменения уровней магнитной (Н) и электрической (Е) составляющих ЭМП по годам, месяцам одного года, дням одного месяца и суточные колебания. Для каждого из четырех периодов года представлена закладка, открывающая графики данного периода.

В главном меню производится выбор района города для показа вышеописанных графиков. В закладке изменений уровней ЭМП по годам представлены колебания ЭМП в период с 2000 по 2007 г. В первых трех случаях (изменение по годам, месяцам года и дням месяца) выбирается максимальное значение в данной точке из всех измеренных за необходимый период. При открытии второй закладки появляется список, позволяющий выбрать год, в котором проводились измерения уровней ЭМП в данной точке хотя бы один раз. При выборе третьей закладки в списке выбираются год и месяц в которые производились измерения.

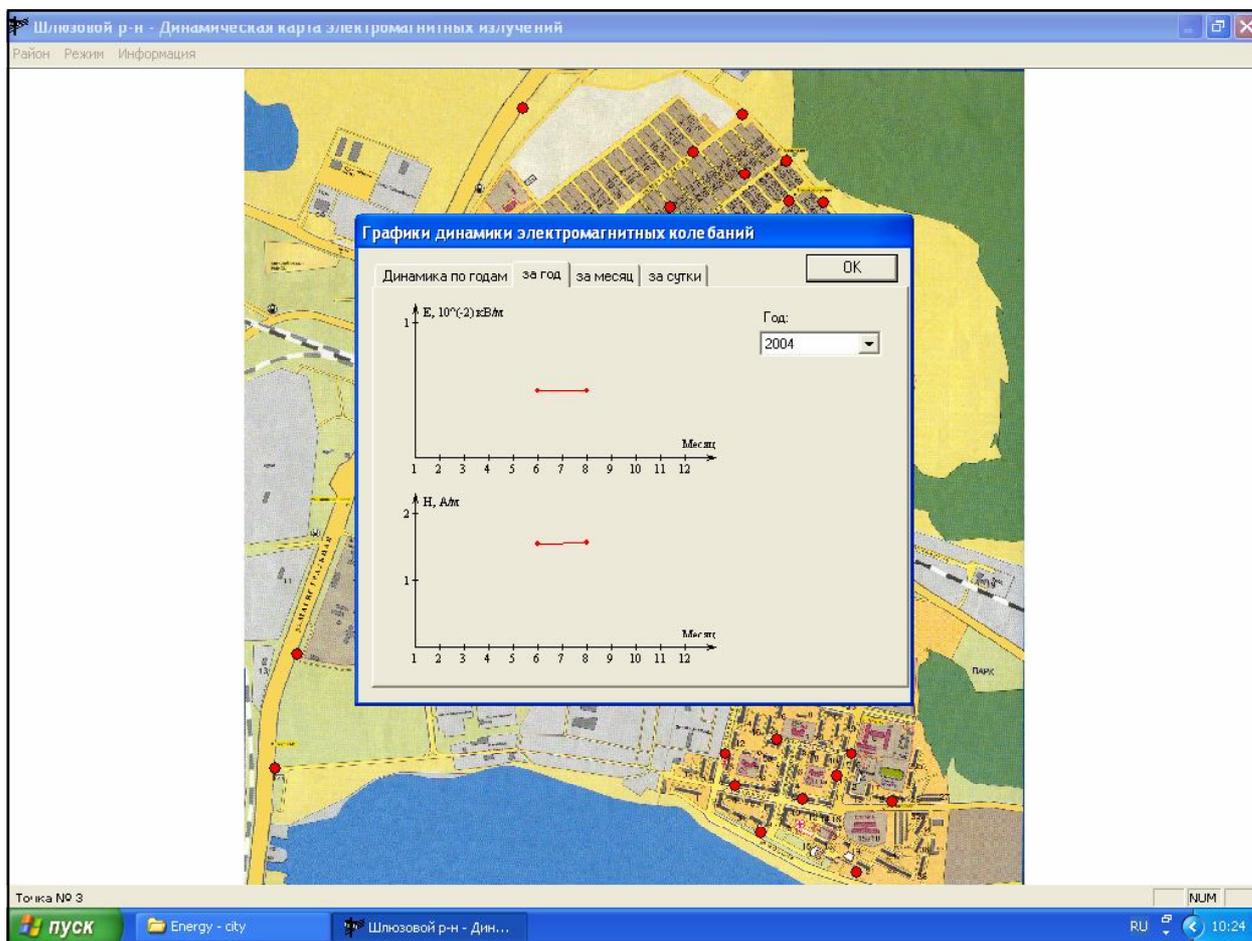


Рис. 1. Графики изменения уровней магнитной (Н) и электрической (Е) составляющих ЭМП

Все графики при наличии единственного измерения составляющих ЭМП вырождаются в точку. При двух измерениях на графике

показана прямая линия. Три и более измерений позволяют программе строить кривую уровней ЭМП (рис. 2).

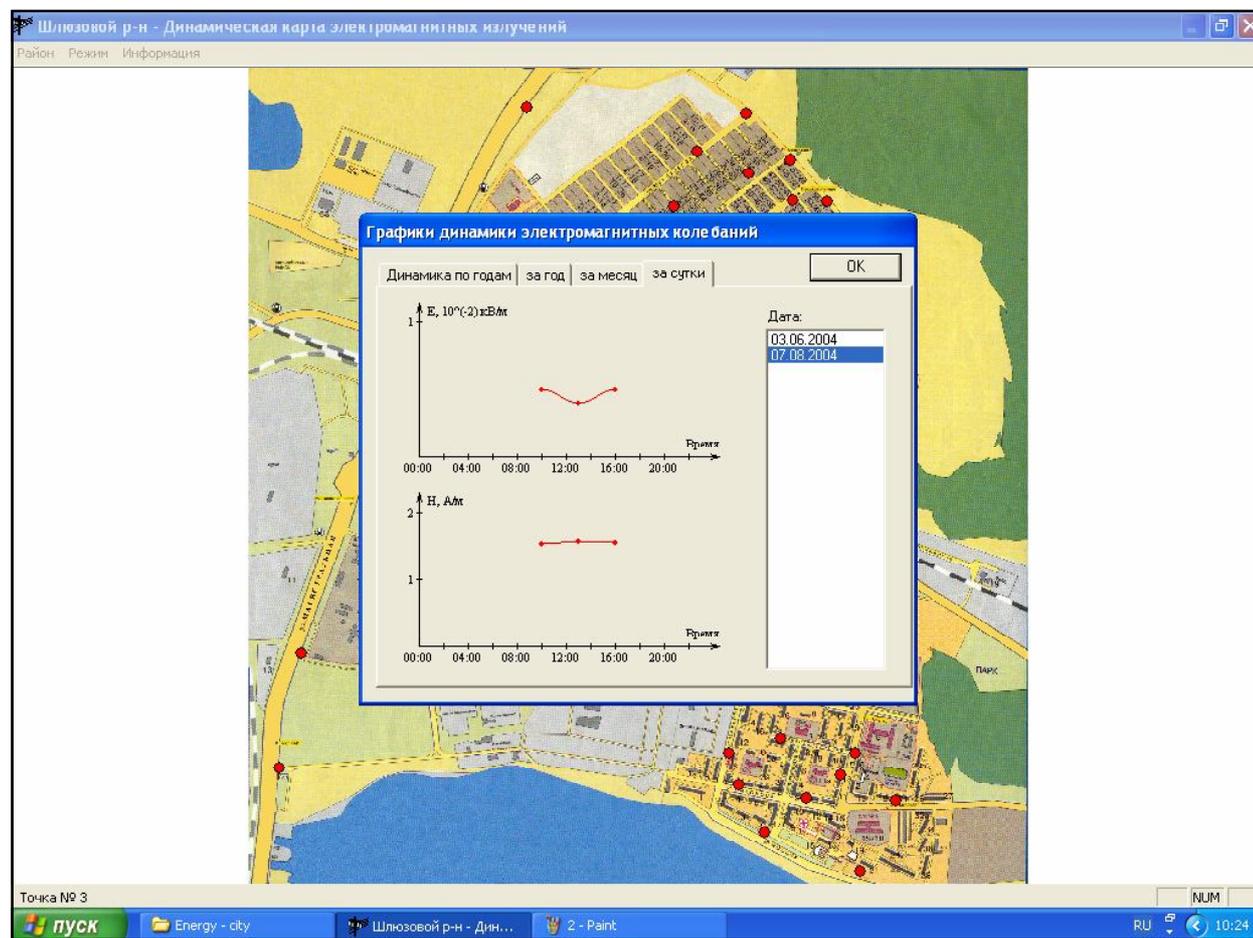


Рис. 2. Кривая уровней ЭМП

С использованием разработанного программного обеспечения построены карты электромагнитных полей селитебной территории Тольятти. Карта электромагнитных полей Комсомольского района диапазона промышленной частоты (электрическая составляющая  $E$ ) показана на рис. 3, пос. Шлюзового – на рис. 4, Центрального района (радиочастотный диапазон) – на рис. 5, Автозаводского района (диапазон плотности потока энергии) – на рис. 6.

С целью изучения влияния электромагнитной обстановки на здоровье населения Тольятти Институтом экологии Волжского бассейна РАН была проведена работа по выявлению наиболее неблагоприятных зон промышленного электромагнитного загрязнения в черте жилой застройки Комсомольского и

Шлюзового районов. Выбор данных объектов был обусловлен достаточно близким расположением Жигулевской ГЭС и наличием широко разветвленной сети линий электропередачи (ЛЭП) высокого напряжения (до 500 кВ), проходящей по названным районам.

При рассмотрении показаний напряженности электрического и магнитного полей была отмечена неравномерность их пространственного распределения. Поэтому для выделения (или определения) зон, наиболее подверженных отрицательному воздействию электромагнитного загрязнения, точечные значения измеренной напряженности электрического и магнитного полей были интерполированы. Интерполяция и построение изолиний проводились с использованием программы 3Dfield.



**Рис. 3.** Карта электромагнитных полей территории Комсомольского района Тольятти диапазона промышленной частоты (электрическая составляющая E).

Для анализа влияния ЭМП на состояние здоровья населения рассматривались медико-статистические данные по двум группам, сформированным исходя из уровней экспозиции. В первую группу были включены жители шести домов в «зоне превышения», во вторую – жители одиннадцати домов в «зоне нормы». Источниками информации о заболеваемости являлись материалы обращаемости граждан в МУЗ «Городская поликлиника № 4» Комсомольского района Тольятти за временной период с 1.01.2006 г. по 31.12.2006 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.

Поскольку количество жильцов в рассматриваемых домах имеет различное значение, то для сопоставимости исходные статистические данные преобразовывались по формуле

$$\tilde{X} = \frac{X}{K},$$

где X – количество случаев заболеваемости в данном доме, K – количество квартир в данном доме,  $\tilde{X}$  – преобразованное значение заболеваемости. Так как анализируемые формы патологии имеют разную распространенность в зависимости от возраста, в обеих исследуемых группах были выделены пять возрастных категорий. Воздействие прочих так называемых мешающих факторов предпола-



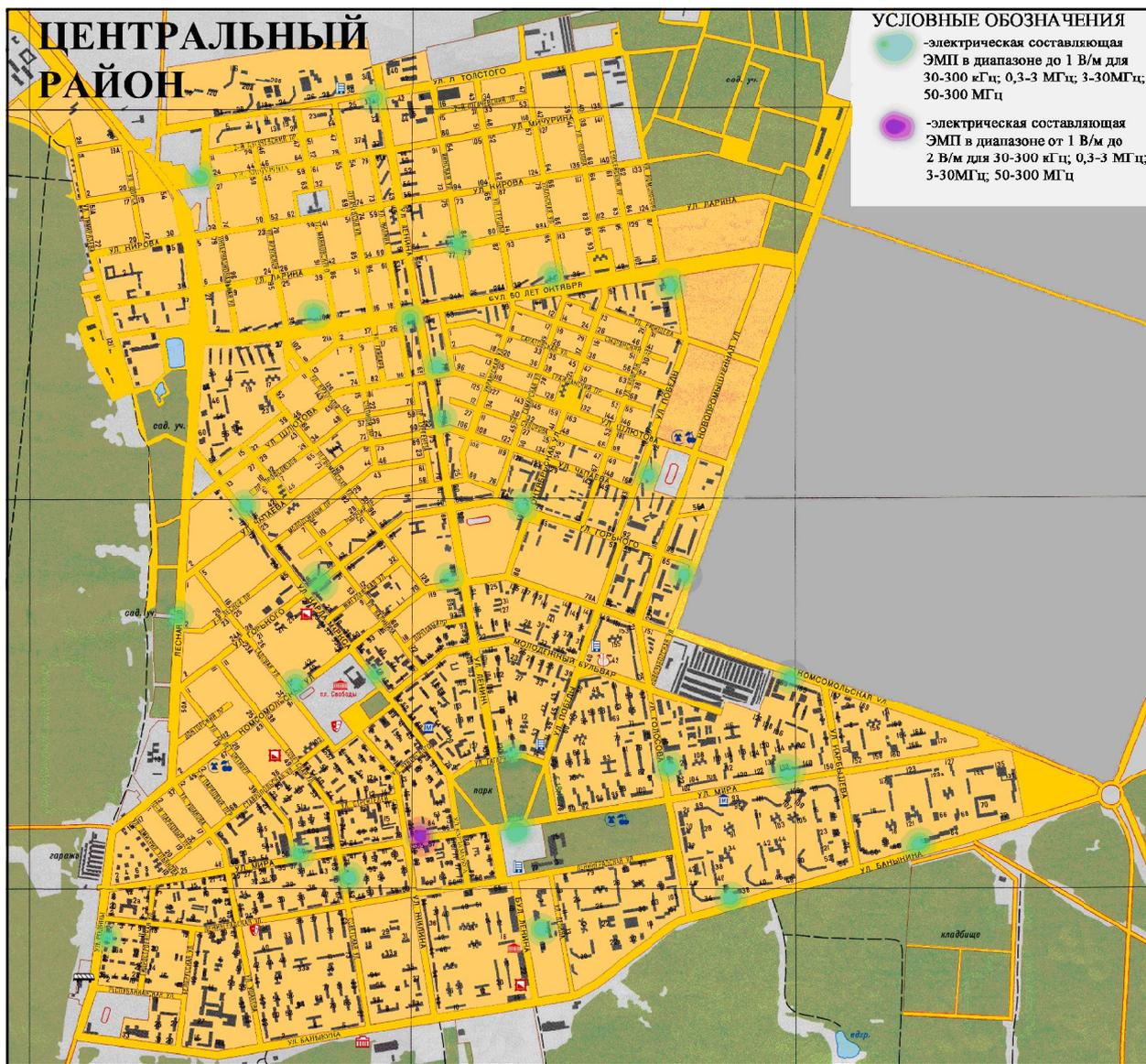
**Рис. 4.** Карта электромагнитных полей диапазона промышленной частоты (электрическая составляющая  $E$ ) территории пос. Шлюзового Тольятти

гается как сбалансированное, т.е. равномерно распределенное в сравниваемых группах.

Количественное сопоставление приведенного числа случаев заболеваемости по всем возрастным категориям показано на рис. 7. Из него следует, что частота развития нарушений системы кровообращения, а также нервной системы и органов чувств у населения экспонированной группы заметно выше, причем практически во всех возрастных диапазонах.

Наиболее существенными оказались различия в значениях заболеваемости нервной системы и органов чувств для людей старше 60 лет и в показателях сердечно-сосудистой заболеваемости для населения от 30 до 60 лет.

Поскольку было выделено две зоны («зона превышения» и «зона нормы»), статистическая оценка достоверности воздействия электромагнитного загрязнения проводилась с использованием анализа однофакторного дисперсионного комплекса с двумя градаци-



**Рис. 5.** Карта электромагнитных полей радиочастотного диапазона территории Центрального района Тольятти

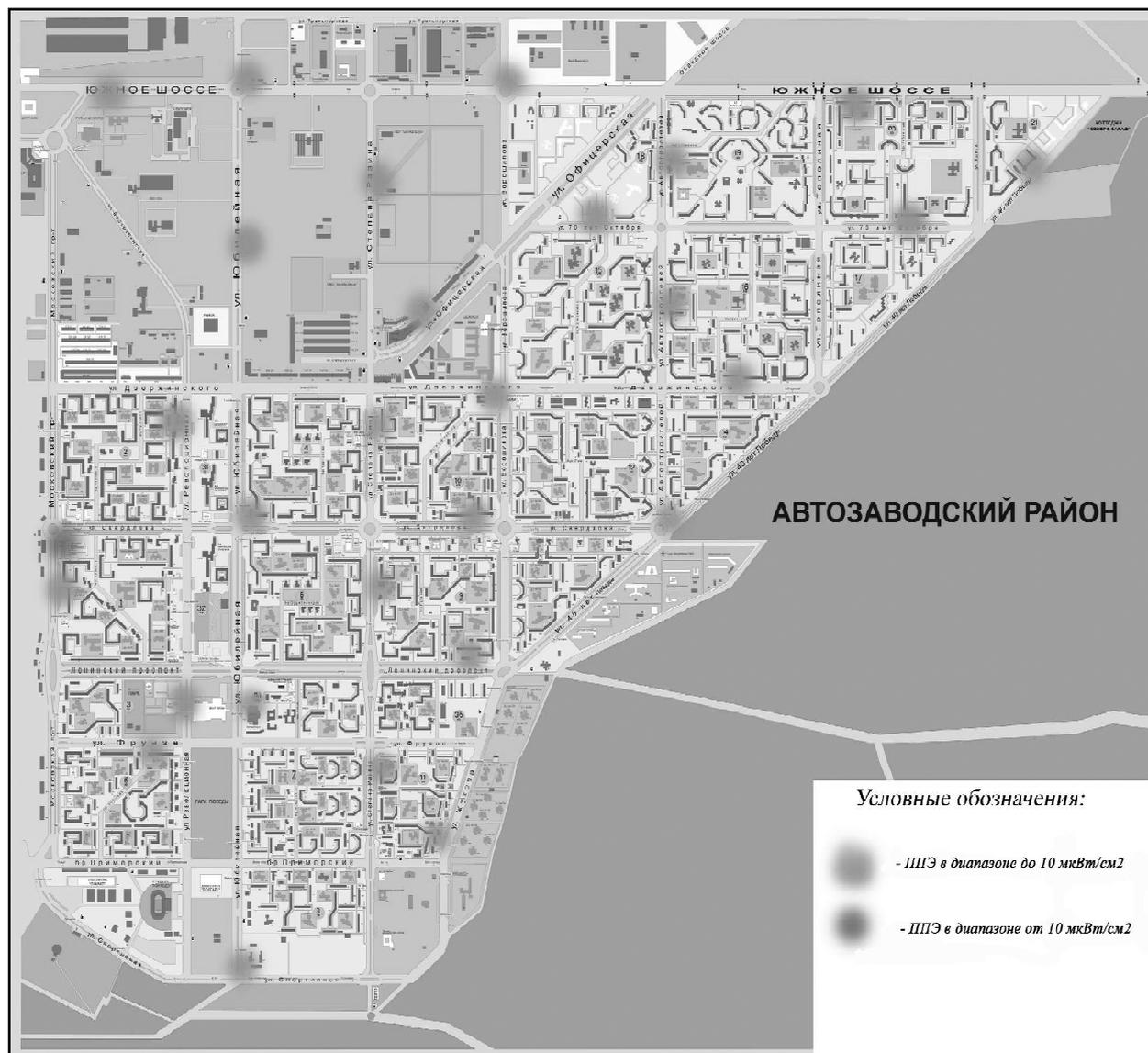
ями фактора. Результаты данного анализа представлены в таблице 1. Влияние фактора принималось как достоверное при  $p > 0,95$ .

Следует отметить, что результаты проведенного анализа неоднозначны. С одной стороны, выявлено влияние воздействующего фактора в двух возрастных категориях по нарушениям сердечно-сосудистой системы и у пожилых людей по болезням нервной системы и органов чувств. С другой стороны, существование взаимосвязи между электромагнитным загрязнением и наличием форм патологии у прочих возрастных групп населения не доказано.

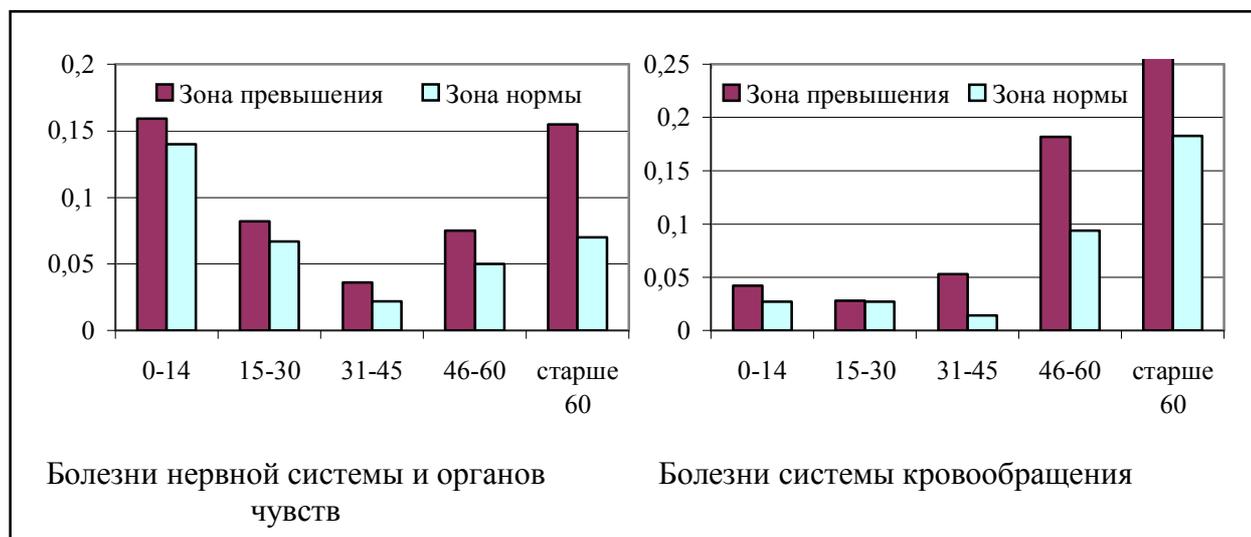
Пространственное распределение уровня заболеваемости имеет неравномерный харак-

тер, поэтому он показан методом интерполяции в виде изолиний на карте-схеме исследуемой территории. Картографическое отображение дало возможность наглядно продемонстрировать, что максимальное число нарушений здоровья (на которые определено достоверное влияние изучаемого фактора) отмечено именно в «зоне превышения» (рис. 8).

Рассмотрено пространственное распределение электрической и магнитной составляющей ЭМП промышленной частоты на территории Шлюзового района г. Тольятти и определены «зона превышения» и «зона нормы» в рамках допустимых санитарно-гигиенических значений. Проанализированы ме-



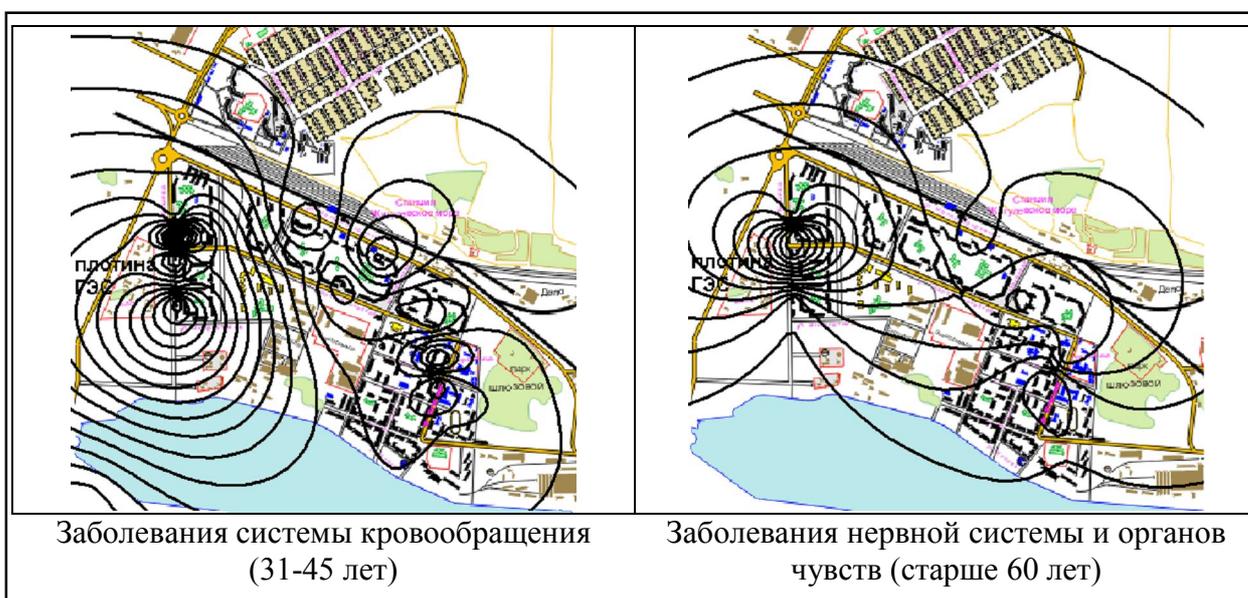
**Рис. 6.** Карта электромагнитных полей диапазона плотности потока энергии территории Автозаводского района Тольятти



**Рис. 7.** Распределение заболеваемости по возрастным категориям

**Таблица 1.** Оценка достоверности влияния электромагнитного загрязнения на заболеваемость

| Возрастная категория                                | Сила влияния фактора, % | Достоверность влияния фактора |
|---|-------------------------|-------------------------------|
| <b>Заболевания системы кровообращения</b>           |                         |                               |
| 0-14  | 7,5                     | не достоверно (p=0,71)        |
| 15-30   | 0,04                    | не достоверно (p=0,06)        |
| 31-45   | <b>39,9</b>             | <b>достоверно</b> (p=0,99)    |
| 46-60   | <b>27,8</b>             | <b>достоверно</b> (p=0,97)    |
| старше 60   | 16,4                    | не достоверно (p=0,89)        |
| <b>Заболевания нервной системы и органов чувств</b> |                         |                               |
| 0-14  | 2,8                     | не достоверно (p=0,48)        |
| 15-30   | 3,4                     | не достоверно (p=0,52)        |
| 31-45   | 8,6                     | не достоверно (p=0,75)        |
| 46-60   | 11,2                    | не достоверно (p=0,81)        |
| старше 60   | <b>30,1</b>             | <b>достоверно</b> (p=0,98)    |



**Рис. 8.** Уровень заболеваемости на территории Шлюзового района Тольятти

дико-статистические данные по заболеваемости жителей этих территорий. Проведена оценка достоверности влияния электромагнитного загрязнения на заболевания системы кровообращения, нервной системы и органов чувств по всем возрастным категориям. При этом выявлено достоверное влияние изучаемого фактора на определенные формы патологии лишь у нескольких возрастных групп населения. Однако следует отметить, что доля влияния фактора невелика (28-40%), поскольку имеет место воздействие других неучтенных факторов.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Воробьев П.В., Иванов Н.И., Рудаков М.Л., Самойлов М.М. Влияние антропогенных фи-

Таким образом, полученные результаты многоуровневого мониторинга электромагнитных полей на селитебной территории Тольятти позволяют не только эффективно и качественно оценивать уровень электромагнитных полей, но и прогнозировать динамику его изменения, а также оценивать воздействие электромагнитных полей на здоровье населения.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ Р-ОФИ № 07-08-97621

зических полей на население большого города // Сборник трудов Всероссийской научно-технической конференции «Новое в экологии и БЖД». – СПб., 1999 г. Т. 1.

2. Васильев А.В., Школов М.А. К вопросу о моделировании и составлении карт электромагнитных полей антропогенных источников / Сборник трудов третьей Всероссийской научно-технической конференции с международным участием «Современные тенденции развития автомобилестроения в России». – Тольятти, 2004 г. Т. 5.
3. Васильев А.В., Школов М.А., Перешивайлов Л.А. Об опыте снижения воздействия электромагнитных полей на жилую зону г. Тольятти / Сборник трудов X Всероссийской научной конференции «Окружающая среда для нас и будущих поколений». – Самара, 2005 г.
4. Васильев А.В., Лифиренко Н.Г., Костина Н.В., Розенберг Г.С. Шумовое загрязнение и его оценка как факторы риска заболеваемости населения / Сборник трудов X Всероссийского конгресса «Экология и здоровье человека». – Самара, 2005.
5. Рудаков М.Л. Электромагнитные поля и безопасность населения. – СПб.: Изд-во Русского географического общества, 1998.
6. СанПиН 2.1.2.000-2000. Санитарно-эпидемиологические требования к жилым зданиям и помещениям. – М.: Минздрав РФ, 2000.
7. Школов М.А., Васильев А.В. Мониторинг электромагнитных излучений г. Тольятти / Сборник трудов секции научных работ аспирантов и студентов в рамках второй международной научно-технической конференции «Экология и безопасность жизнедеятельности промышленно-транспортных комплексов». – Тольятти, 2005.
8. Экологический атлас г. Тольятти (карта электромагнитных полей) / Кленов Г.Э., Святош Е. А. – СПб.: НПО «Мониторинг», 1996.
9. Barbaro S., Barrera G., Caracausi R. Et al. Setting up of a database about electromagnetic fields throughout the metropolitan area of Palermo (Italy) / Proc. of the First International Scientific-Technical Conference “ELPIT-2003”. – Togliatti, 2003.

## MONITORING OF ELECTROMAGNETIC FIELDS OF URBAN TERRITORY OF TOGLIATTI CITY AND IT IMPACT ESTIMATION TO THE HEALTH OF POPULATION

© 2008 A.V. Vassiliev<sup>1</sup>, M.A. Shkolov<sup>1</sup>, L.A. Pereshivailov<sup>1</sup>, N.G. Lifirenko<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Togliatti State University, Togliatti

<sup>2</sup>Institute of Ecology of the Volga River Basin of Russian Academy of Science, Togliatti

Problems of monitoring of electromagnetic fields of urban territories are discussed. Measurement results of electromagnetic fields on living territory of Togliatti city are considered. Analysis of measurement results have been carried out. Electromagnetic fields mapping have been designed. Estimation of impact of electromagnetic fields to the health of population of Togliatti city have been carried out.