

DOI.org/10.5281/zenodo.2008682  
УДК 629.128

Л.Г. Стаценко, А.А. Агеева

СТАЦЕНКО ЛЮБОВЬ ГРИГОРЬЕВНА – д.ф.-м.-н., профессор, e-mail: lu-sta@mail.ru

АГЕЕВА АННА АЛЕКСАНДРОВНА – старший преподаватель,  
e-mail: ageeva.aa@dvfu.ru

Кафедра электроники и средств связи Инженерной школы

*Дальневосточный федеральный университет*

Суханова ул., 8, Владивосток, 690091

## Электромагнитная обстановка при формировании городской застройки

**Аннотация:** Сети связи являются неотъемлемой частью инфраструктуры города. Существующая застройка населенных пунктов постоянно изменяется, так же как и сторонние источники излучения (увеличивается их количество и мощности), следовательно, изменяется и электромагнитная обстановка. В этой связи понятие «электромагнитная экология» наиболее актуально для сферы строительства объектов связи и отдельных районов города, где еще не проведены необходимые коммуникации. Безопасное сосуществование передающих радиотехнических объектов и жилой и административной застройки регулируется санитарными нормами и правилами. Выполнение их требований должно подтверждаться соответствующими расчетами и непосредственными измерениями напряженности электромагнитных полей, что и стало темой предлагаемой статьи.

По результатам компьютерного моделирования в работе анализируются параметры электромагнитных полей, создаваемых передатчиками сотовой связи вблизи жилой застройки при нескольких вариантах размещения оборудования. Сделан вывод о необходимости внесения зон ограничения застройки в проект градостроительного плана.

**Ключевые слова:** электромагнитная экология, зона ограничения застройки, электромагнитное поле, строительство, электромагнитное загрязнение, базовая станция.

### Введение

В последнее десятилетие в населенных пунктах нашей страны существенно увеличилась зона влияния электромагнитного поля (ЭМП) антропогенного излучения. На электромагнитную обстановку влияет большое количество новых технических средств, излучающих энергию в окружающую среду: объекты радио- и ТВ-вещания, базовые станции (БС) мобильной связи, средства подвижной радиосвязи специального назначения.

Развитие городов – это всегда застройка и изменение инфраструктуры, а любое строительство плотно связано с соблюдением технологических и экологических нормативов независимо от того, к чему относятся объекты строительства. В период массовой цифровизации инфраструктура городов включила в себя сети инфокоммуникаций, которые внесли определенный вклад в загрязнение окружающей среды. В формате городской застройки оборудование операторов сетей подвижной связи (СПС) чаще всего размещается на крышах административных зданий, на производственных территориях, в местах, где нет необходимости вырубать леса, прокладывать дороги – и тем самым влиять на состояние окружающей среды.

Однако работа базовых станций сетей подвижной связи (БС СПС) экологически не безопасна. Для организации зоны покрытия каждый оператор посредством частотно-территориального планирования (ЧТП) строит сеть, состоящую из сотен БС, работающих в частотном диапазоне от 900 до 2600 МГц. При этом число операторов связи – не менее трех (в зависимости от региона), каждый оператор имеет свою сеть, которая постоянно развивается и растёт. В связи с этим вопрос электромагнитного загрязнения особенно остро стоит в постоянно развивающихся населенных пунктах.

Понятие электромагнитной экологии в открытых источниках появилось ещё в 1992 г. [1], когда началось развитие сотовых сетей, которые в настоящее время вносят наибольший вклад в существующий электромагнитный фон города. До этого уровень воздействия данного вида загрязнения окружающей среды формировался исключительно бытовыми приборами, линиями электропередач (ЛЭП), производственным оборудованием и теле- и радиовещательными станциями (каждый вид источников имел свои особенности). Нормативы по размещению ЛЭП были прописаны в СанПиН 2971-84 «Санитарные нормы и правила защиты населения от воздействия электрического поля, создаваемого воздушными линиями (ВЛ) электропередачи переменного тока промышленной частоты» в 1984 г. и сводились к тому, что для вновь проектируемых ВЛ, а также зданий и сооружений допускается принимать границы санитарно-защитных зон вдоль трассы ВЛ от 20 м, в зависимости от напряжения. К бытовым приборам предъявлялись требования по электромагнитной совместимости, а требования по физическим факторам впервые введены в МСанПиН 001-96 «Санитарные нормы допустимых уровней физических факторов при применении товаров народного потребления в бытовых условиях». В них уже включено влияние мобильных телефонов и базовых станций, но лишь в диапазоне 400–1200 МГц.

Что касается источников *электромагнитного излучения* (ЭМИ), работающих на высоких, ультравысоких и сверхвысоких частотах, то для них первые нормативные документы вышли в 1970 г. И к 2003 г. сформировались два документа СанПиН, включившие в себя требования по размещению передающих радиотехнических объектов (ПРТО).

### Анализ влияния БС с учётом городской застройки

С ростом количества базовых станций, появлением большого количества операторов сотовой связи возник вопрос об оценке вредного воздействия на окружающую среду и здоровье человека. Так, в 2003 г. возникли документы санитарно-эпидемиологических правил и нормативов: СанПиН 2.1.8/2.2.4.1383-03 «Гигиенические требования к размещению и эксплуатации передающих радиотехнических объектов» и СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190-03 «Гигиенические требования к размещению и эксплуатации средств сухопутной подвижной радиосвязи», в которых определены типы излучающих объектов, требования к их нормированию, места возможного размещения ПРТО, а также предельно допустимые нормы уровней электромагнитного излучения.

На их основании появилась необходимость проведения экспертиз проектов при строительстве и модернизации ПРТО и получения разрешительных документов при вводе их в эксплуатацию. Наиболее значительное ухудшение электромагнитного фона в городах произошло в период перехода к стандартам третьего поколения связи (3G), так как конструктивные особенности передающего оборудования привели не к замене, а к увеличению его количества, вследствие чего зоны ограничения застройки увеличились.

В соответствии с п. 3.16 СанПиН 2.1.8/2.2.4.1383-03 введено понятие «*зона ограничения застройки*» (ЗОЗ). Эта зона представляет собой область пространства, на внешних границах которой на высоте более 2 м от поверхности земли уровни ЭМП не превышают ПДУ. Данное определение относится исключительно к размещению ПРТО, в отличие от определения *санитарно-защитной зоны* (СЗЗ), которое в экологии применяется к различным сферам антропогенного загрязнения. СЗЗ – специальная территория с особым режимом использова-

ния, которая устанавливается вокруг объектов и производств, являющихся источниками воздействия на среду обитания и здоровье человека [8, 9].

### **Анализ зоны ограничения застройки с помощью компьютерного моделирования**

Особенностью распределения электромагнитного поля от ПРТО является нефиксированная мощность работы БС. Программы, используемые для анализа ЗОЗ, не учитывают всех факторов, негативно влияющих на распространение радиоволн: параметры абонентского устройства, особенности рельефа и застройки местности, переменчивость погодных условий. Поэтому прогнозирование уровня загрязнения не является точным, особенно для городов со сложным рельефом, каким является Владивосток.

Варианты формирования городов зависят от особенностей планировочного каркаса – важнейших планировочных осей и узлов (транспортные и пешеходные пути сообщения, наличие водоёмов). Если местность равнинная, то формирование городской застройки происходит с учётом водоёмов, производств и транспортных путей.

В случае размещения городов на прибрежных территориях основополагающим является наличие порта, судоходных линий, поэтому застройка формируется вдоль побережья с учётом рельефа местности. Например, город Владивосток расположен в холмистой неоднородной местности, что наложило определенный отпечаток на формирование его микрорайонов. Линейное расположение многоэтажной и малоэтажной застройки применили как для освоения сопков, так и для равнинных местностей. С ростом населения и развитием инфраструктуры появилась точечная многоэтажная застройка, которая нарушает целостность архитектурного ансамбля и требует дополнительной инфраструктуры, включающей и сети связи. Развитие точечного строительства характерно как для административной части города, так и для спальных районов.

При объединении удаленных районов с центральными магистралями и мостами происходит слияние спальных и административных районов, что, с точки зрения частотно-территориального планирования, формирует загруженность базовых станций в утренние, дневные и вечерние часы. При этом для административных районов максимальная загруженность приходится на рабочие часы, а в жилых – на утренние и вечерние.

В соответствии с СанПиН 2.1.8/2.2.4.1383-03, размещение ПРТО должно осуществляться на крышах жилых, общественных и других зданий и в иных местах, в удаленности от детских садов, учебных учреждений. Для жилых микрорайонов выбор мест размещения ПРТО ограничен малым количеством административной и прочей нежилой застройки. В связи с этим в городе Владивостоке в большинстве случаев размещение БС происходит на малоэтажных жилых зданиях, окруженных высотными жилыми домами.

Кроме того, ограниченность административного ресурса приводит к размещению БС различных операторов СПС на одних и тех же объектах. В связи с этим появляется необходимость включать в состав ПРТО все излучающие устройства независимо от их юридической принадлежности [2], что приводит к взаимному влиянию антенн БС и изменению электромагнитной обстановки. Тогда анализ совокупных ЗОЗ основывается в первую очередь на подборе таких технических характеристик, которые будут удовлетворять условиям ограниченной застройки. Основным фактором является рабочая мощность передающего оборудования БС, так как особенности его работы включают изменение мощности в зависимости от загруженности конкретной БС. По этой причине моделирование принято проводить на максимальной мощности [11].

Но при размещении большого числа БС в одной точке среди более высокой застройки максимальная мощность переходит в максимально возможную из-за близости жилых зданий.

Такой ресурс, как мощность, отследить невозможно без специального оборудования для измерения уровней ЭМИ. Соответственно, ограничение мощности в проекте не гарантирует соблюдения данного требования на практике.



# Варианты размещения ПРТО в городской застройке

На рис. 1 представлен вариант размещения ПРТО, состоящего из нескольких БС по ул. Никифорова г. Владивостока. По периметру крыши двухэтажного здания магазина установлены антенны операторов связи ЗАО «АКОС», ПАО «МегаФон», ПАО «ВымпелКом», ПАО «МТС».

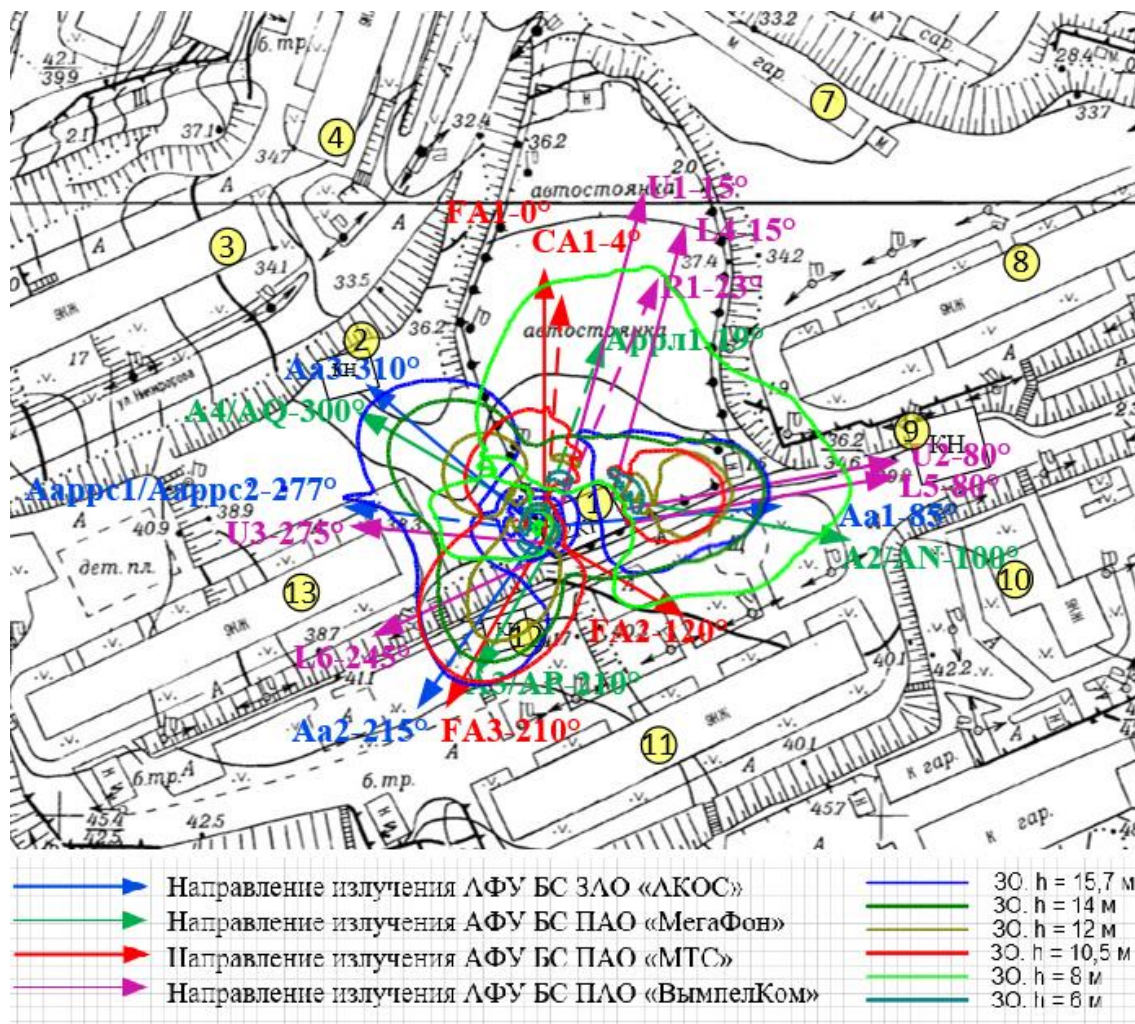


Рис. 1. Размещение ПРТО по ул. Никифорова г. Владивостока.

Как видно из ситуационного плана, выбранное место размещения окружено с востока, юго-востока, юга, запада и северо-запада девятиэтажными жилыми зданиями, высота которых в среднем составляет 27–30 м, при этом максимальная высота подвеса антенн составляет 15,7 м, а минимальная – 8 м. Каждая БС работает в нескольких стандартах: GSM-900/DCS-1800/UMTS/LTE-1800/2600. Любая модернизация существующего оборудования связана с увеличением излучаемой плотности потока мощности и, как следствие, – с увеличением протяженности ЗОЗ и уменьшением её нижней границы. Так как ЗОЗ представляет собой объемную пространственную фигуру, формирующуюся по предельно допустимому уровню, то при наложении её на ситуационный план необходимо выделить основные срезы по высотам. На рис. 1 они представлены в виде плоскостей с разноцветными (цвет зависит от высоты) границами.

На примере этого объекта можно отметить, что расчёт ЗОЗ при модернизации одного из операторов проводится с уже значительно уменьшенными мощностями для всех источников ПРТО. По требованиям СанПиН [7–9], мощность передатчика не должна превышать 20 Вт, при этом один передатчик – это несущая частота, а несущих частот в одном секторе одного

стандарта может быть до 4, иногда и до 8. В составе данного ПРТО из четырех операторов есть 12 секторов, имеющих близкие азимуты в связи с особенностью данного района. Фактически можно выделить 4 основных сектора: азимут 15 градусов, в котором работает 6 антенн, азимут 80 градусов, в котором работает 5 антенн, азимуты 210 и 300 градусов, в которых работает по 4 антенны. При значительно небольшой высоте подвеса такое количество антенн не может работать с большой подводимой мощностью, к тому же ограничение по протяженности ЗОЗ в западном направлении составляет 36 м, в южном – 52 м, северо-восточном – 70 м, в северо-западном – 94 метра. Для того чтобы расчёт укладывался в заданные пределы, необходима корректировка входных параметров. Реальное увеличение высоты на данном объекте невозможно, следовательно, единственным вариантом остается корректировка мощности передатчиков, за счет которой снизится и подводимая к антенне мощность.

В связи с этим на данном объекте мощности передатчиков БС ЗАО «АКОС» в секторе 85 градусов снижены: до 10/5/10 Вт на передатчик в стандартах DCS-1800/UMTS/LTE-1800 соответственно; в секторе 310 градусов – до 5/5/10 Вт на передатчик в стандартах DCS-1800/UMTS/LTE-1800. Количество передатчиков для стандартов DCS-1800/UMTS/LTE-1800 составляет 4/3/1 для каждого сектора, в каждом из которых работает по 1 многодиапазонной антенне.

Мощности для БС ПАО «МТС» снижены до 2 Вт на 2 передатчика стандарта GSM-900, 3 передатчика стандарта UMTS, на 1 передатчик стандарта LTE-1800 и LTE-2600 в трех секторах излучения, в каждом из которых работает по 1 многодиапазонной антенне.

Для БС ПАО «МегаФон» мощности снижены до 5 Вт на 4 передатчика стандарта GSM-900, на 4 передатчика стандарта DCS-1800, 1 передатчик стандарта UMTS, на 2 передатчика стандарта LTE-2600 в трех секторах излучения, в каждом из которых работает по 1 многодиапазонной антенне и 1 антенне стандарта LTE-2600.

Для БС ПАО «ВымпелКом» мощности снижены до 5 Вт в секторах 15 и 80 градусов, до 2 Вт в секторе 245 градусов на 4 передатчика стандарта DCS-1800, 2 передатчика стандарта UMTS, на 1 передатчик стандарта LTE-1800 и LTE-2600 в трех секторах излучения, в каждом из которых работает по 2 двухдиапазонные антенны.

При выполнении всех этих условий формируется расчётная ЗОЗ, которая в северо-восточном направлении практически упирается в торец девятиэтажного жилого здания на уровне третьего этажа (высота 8 м).

В подобных ситуациях сложно оценить, будет ли оператор увеличивать мощность излучения. Представленные расчётные значения являются максимально возможными для данного объекта и учитывают, что при условии неполной загруженности БС уровень излучения будет меньше, соответственно уменьшится ЗОЗ.

Хорошо видно, что в северо-западном направлении до жилого здания достаточно большое расстояние. Однако возможное увеличение мощности приведет к увеличению ЗОЗ не только в азимуте основного направления излучения, но также усилит все смежные ЗОЗ от сторонних антенн, это приведет к заходу ЗОЗ в здание в западном направлении, что недопустимо.

Рассмотрим схожий вариант размещения ПРТО в районе ул. Иртышская г. Владивостока, который имеет худшие результаты расчёта (рис. 2). В него входят три различные БС, каждая из которых работает в четырех стандартах. В качестве места размещения выбрано одно-/двухэтажное административное здание, по периметру одноэтажной части которого устанавливаются антенные устройства БС.

С запада здание пристроено к девятиэтажному жилому дому, с северо-востока, востока и юго-востока расположены шестиэтажные жилые дома (в восточном направлении наблюдается увеличение рельефа), при этом высота подвеса антенн составляет 6–8 м.

Для данного объекта также можем выделить основные сектора: в северном направлении (в котором работает 2 антенны) – азимутом 10 градусов, в восточном направлении (4 антенны) – азимутом 90 градусов, в южном направлении (4 антенны) – азимутом 200 градусов, в западном направлении (в котором работает 4 антенны) – азимутом 260 градусов.



Формирование предельно допустимых границ ЗОЗ осуществляется за счёт застройки и рельефа: в северо-восточном направлении на расстоянии 6 м от восточного торца здания расположено шестиэтажное жилое здание высотой 18 м и выше по рельефу на 2,0 м; в восточном направлении уровень рельефа возрастает, и ближайшее строение расположено на расстоянии 56 м выше по рельефу на 12,6 м; в юго-восточном направлении – на расстоянии 19 м от торца здания расположено шестиэтажное жилое здание высотой 18 м и выше по рельефу на 5,8 м; в южном направлении расположена территория автостоянки, свободная от застройки, с незначительным перепадом рельефа вниз; в юго-западном направлении рельеф идёт на понижение, ближайшая застройка (гаражи) – на расстоянии 33 м, ниже по рельефу на 4,4 м; с запада и севера-запада вплотную к двухэтажной части здания пристроено девятиэтажное жилое здание высотой 27 м.

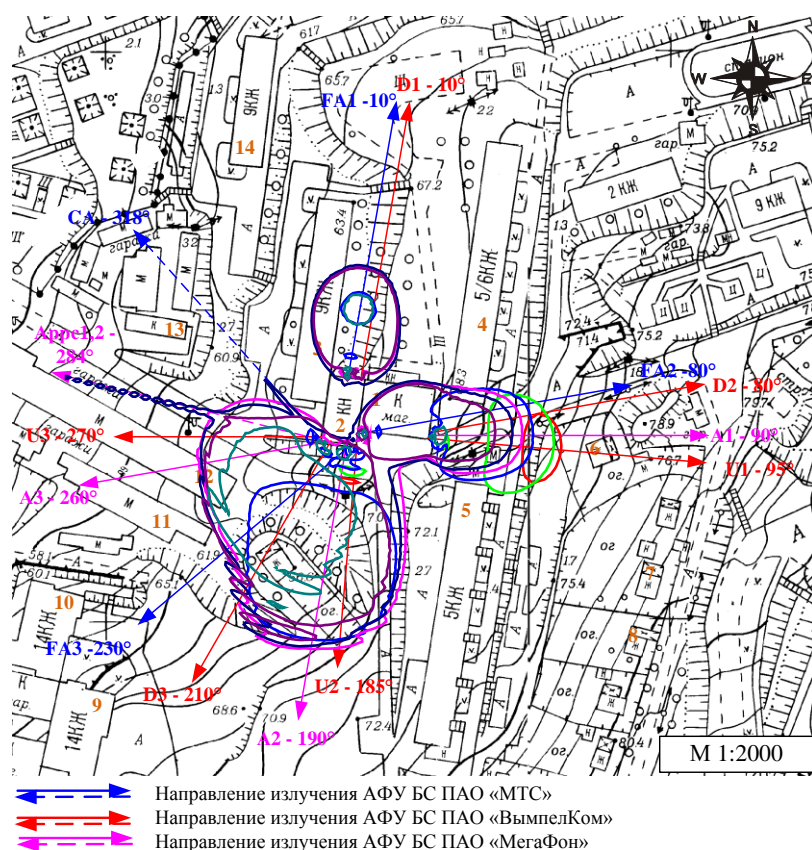


Рис. 2. Размещение ПРТО в районе ул. Иртышская г. Владивостока.

Таким образом, можно сказать, что для подобного размещения ПРТО не возникнет связанных с экологической безопасностью проблем лишь в южном и юго-западном направлениях. Это сказывается на мощности передатчиков БС: в данных секторах она больше, чем во всех остальных, но также не доходит до максимально разрешенного значения 20 Вт.

Мощности составляют:

- для передатчиков БС ПАО «МТС» (работающей в диапазонах GSM-900/DCS-1800/UMTS/LTE-1800), для диапазона UMTS – 3 Вт на передатчик, для остальных диапазонов – 10 Вт, количество передатчиков для каждого стандарта – 1/1/1 для каждого сектора, в каждом из которых работает по 1 многодиапазонной антенне;
- для передатчиков 1 и 3 сектора БС ПАО «МегаФон» – 5 Вт, 2 сектора – 15 Вт; количество передатчиков в секторе для стандартов GSM-900/DCS-1800/UMTS/LTE-1800 составляет 2/2/1/1, в каждом секторе работает по 1 многодиапазонной антенне;
- для передатчиков БС ПАО «ВымпелКом» – от 4 до 12 Вт в зависимости от сектора, при этом количество передатчиков в двух диапазонах DCS-1800 – по 4, а в стандарте UMTS –

по 2 на сектор. При этом большая мощность передатчиков приходится на антенны азимутами 185 и 210 градусов, где застройка отсутствует.

Рассматривая ПРТО в районе ул. Иртышская г. Владивостока, можно заметить, что здесь выполнены схожие меры по предотвращению превышения ПДУ и определению СЗЗ. Однако даже при подобной корректировке мощности слишком близкое расположение жилых зданий приводит к тому, что они оказываются в ЗОЗ. В юго-западном направлении в сектор азимутом 10 градусов и шириной 67 градусов в ЗОЗ попадает жилое девятиэтажное здание на уровне третьего этажа. В восточном направлении азимуты проходят между двумя зданиями, но так как ширина диаграммы направленности панельных антенн составляет в среднем 65 градусов, к тому же в этом секторе работает сразу 4 антенны в 11 диапазонах частот, сектор попадает в шестизэтажное жилое здание на уровне 2, 3 и 4-го этажей. Однако даже если не брать в расчет здание, на дороге в этом направлении из-за перепада рельефа есть превышение уровней ЭМИ.

Также видно, что излучение проходит непосредственно над крышей одноэтажной части двухэтажного здания, на котором размещено ПРТО, это связано с тем, что одна из антенн установлена на фасаде, но ее азимут направлен через крышу здания, это приводит к организации СЗЗ на крыше.

Несмотря на то что на данном объекте есть потенциал для уменьшения мощности, данная процедура не является эффективной, так как контролировать соблюдение установленных ПДУ не представляется возможным. Подобный контроль возможен лишь при проведении измерений уровней плотности потока энергии от ПРТО, желательно с использованием селективного прибора, который позволит определить, какой уровень вносит тот или иной источник в выбранной точке. Данная процедура обязательна на этапе ввода в эксплуатацию ПРТО при его строительстве, а каждые 3 года – при последующих модернизациях и при подаче жалобы от населения. Других оснований для проведения подобных исследований нет. Стоит заметить, что подобные объекты есть в каждом районе Владивостока, и, если в местах размещения таких ПРТО уровни плотности потока энергии не превышают ПДУ, то близки к ним (рис. 2).

### Заключение

В спальных районах г. Владивостока присутствуют места размещения передающих радиотехнических объектов, защитная охранный зона которых даже на этапе проектирования пересекается с зоной жилой застройки. Постоянное развитие сетей подвижной связи зачастую приводит к тому, что внедрение новых стандартов связи происходит за счёт производственных мощностей существующего оборудования, потому что иначе зоны ограничения застройки переходят в санитарно-защитные зоны. Это касается рассмотренных в статье объектов, так как важным критерием их отбора было размещение на малоэтажных зданиях при незначительной высоте подвеса излучающего оборудования.

Практикуемое в настоящее время точечное многоэтажное строительство в районах города является дополнительным источником переотражения радиосигналов, что может создавать угрозу здоровью людей, находящихся в зоне ограничения застройки даже при сохранении существующих мощностей излучения объектов связи.

В связи с этим на этапе формирования и разработки градостроительного плана необходимо рассчитывать и включать зоны ограничения застройки для объектов связи, подобно тому, как включают санитарно-защитные зоны для промышленных и иных предприятий. Если раньше формирование электромагнитного фона происходило с учётом застройки, то теперь современная застройка должна учитывать существующие зоны ограничения.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баранов Н.Н. Сотовая связь: экологические проблемы. М.: Б. и., 2005. [Препр. / ОИВТ РАН; N 8-479].
2. Маслов О.Н. Экологический риск и электромагнитная безопасность: моногр. М.: ИРИАС 2004. 330 с.

3. Мордачев В.И. Оценка экологической опасности электромагнитного фона, создаваемого средствами мобильной радиосвязи // Электросвязь. 2007. № 9. С. 7–41.
4. Персон Т., Торневик К. Мобильная связь и здоровье человека // Мобильные телекоммуникации. 2004. № 1. С. 25–30.
5. Савельев С.И., Двоеглазова С.В. Электромагнитные поля окружающей среды. Липецк, 2006. 160 с.
6. Санитарные нормы и правила при работе с источниками электромагнитных полей высоких, ультравысоких и сверхвысоких частот. № 848–70.
7. СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190-03 Гигиенические требования к размещению и эксплуатации средств сухопутной подвижной радиосвязи.
8. СанПиН 2.1.8/2.2.4.1383-03. Гигиенические требования к размещению и эксплуатации передающих радиотехнических объектов.
9. СанПиН 2.1.8/2.2.4.2302-07 Изменения N 1 к санитарно-эпидемиологическим правилам и нормативам «Гигиенические требования к размещению и эксплуатации передающих радиотехнических объектов».
10. СанПиН 2971-84. Санитарные нормы и правила защиты населения от воздействия электрического поля, создаваемого воздушными линиями электропередачи переменного тока промышленной частоты.
11. Сподобаев Ю.М., Кубанов В.П. Основы электромагнитной экологии. М.: Радио и связь, 2000. 239 с.
12. Тихонов М.Н. Электромагнитная безопасность: взгляд в будущее // Экол. экспертиза: обзорн. инф. / ВИНТИ. 2005. N 3.1. С. 9–24.

[THIS ARTICLE IN ENGLISH SEE NEXT PAGE](#)



## Ecological Safety of Construction and Municipal Economy

DOI.org/10.5281/zenodo.2008682

Statsenko L., Ageeva A.

LUBOV STATSENKO, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor,

e-mail: lu-sta@mail.ru

ANNA AGEEVA, Senior Lecturer, e-mail: ageeva.aa@dvfu.ru

Department of Electronics and Communications, School of Engineering

*Far Eastern Federal University*

8, Sukhanova St., Vladivostok, Russia, 690091

## Electromagnetic environment in the formation of urban development

**Abstract:** Communication networks are an integral part of the infrastructure of the city. The existing built-up environment is constantly changing, as well as third-party radiation sources (their quantity and power increase), therefore, the electromagnetic environment also changes. The concept of *electromagnetic ecology* is most relevant for the construction of communication facilities and certain areas of the city where the necessary communications have not yet been installed. The safe co-existence of radio transmission facilities and residential and administrative buildings is governed by sanitary norms and rules. Compliance with these requirements should be confirmed by appropriate calculations and direct measurements of the strength of electromagnetic fields, which was the subject of the proposed article.

According to the results of computer simulation, the paper analyzes the parameters of electromagnetic fields generated by cellular communication transmitters near a residential development under several equipment placement options. It is concluded that it is necessary to introduce zones of limited development in the draft town-planning plan.

**Keywords:** electromagnetic ecology, electromagnetic field, construction, electromagnetic pollution, base station.

### REFERENCES

1. Baranov N.N. Cellular communication: environmental problems. Joint Institute for High Temperatures of the Russian Academy of Sciences. M., 2005. N 8-479.
2. Maslov O.N. Ecological risk and electromagnetic safety: monograph. M., IRIAS, 2004, 330 p.
3. Mordachev V.I. Evaluation of the environmental hazard of electromagnetic background generated by mobile radio communications. Telecommunication. 2007;9:7–41.
4. Person T., Tornevik K. Mobile communications and human health. Mobile Telecommunications. 2004;1:25–30.
5. Saveliev S.I., Dvoeglazova S.V. Electromagnetic fields of the environment. Lipetsk, 2006, 160 p.
6. Sanitary norms and rules when working with sources of electromagnetic fields of high, ultrahigh and super high frequencies. № 848-70.
7. SanPiN 2.1.8/2.2.4.1190-03. Hygienic requirements for the placement and operation of land mobile radio communications.
8. SanPiN 2.1.8/2.2.4.1383-03. Hygienic requirements for the placement and operation of transmitting radio facilities.
9. SanPiN 2.1.8/2.2.4.2302-07. Changes N 1 to the sanitary-epidemiological rules and regulations Hygienic requirements for the placement and operation of transmitting radio facilities.
10. SanPiN 2971-84. Sanitary norms and rules for the protection of the population from the effects of an electric field created by overhead lines of alternating current of industrial frequency.
11. Spodobaev Yu.M., Kubanov V.P. Fundamentals of electromagnetic ecology. M., Radio and communication, 2000, 239 p.
12. Tikhonov M.N. Electromagnetic safety: a look into the future. Ekol. examination: review inf. VINITI. 2005;3.1:9–24.