



УДК 621.397.7-182.3

ОЦЕНКА УРОВНЯ ПОМЕХ ПРИ РАБОТЕ БАЗОВЫХ СТАНЦИЙ LTE И ПЕРЕДАТЧИКОВ DVB-T2 НА СМЕЖНЫХ КАНАЛАХ

*Д.В. Закальский, danyl_6919@mail.ru, О.И. Совкова, sovкова.olga@inbox.ru,
Д.М. Егоров, e_d_m@inbox.ru*

Дальневосточный Федеральный Университет (ДФУ), г. Владивосток

Данная статья посвящена оценке результатов моделирования возможного влияния работы базовых станций стандарта LTE на сигнал DVB-T2 в Советском районе г. Владивостока на качество эфирного телевизионного вещания одночастотной сети DVB-T2. Развертывание сетей LTE использующих частотный диапазон 790-820 МГц (band 20) сопряжен с возникновением некоторых проблем для сохранения качества действующих сетей DVB-T2. В работе предпринята попытка оценить на основе модельных и аналитических расчетов радиус зоны помех при работе базовых станций LTE на телевизионное вещание в одном из густонаселенного района г. Владивостока. Для этого использовалось моделирование распространения радиосигнала с помощью модели Лонгли-Райса, реализованной в программном комплексе Radio Mobile.

Ключевые слова: LTE, DVB-T2, совмещенный и смежный каналы, модель Лонгли-Райса.

ESTIMATION OF THE INTERFERENCE LEVEL DURING OPERATION OF LTE BASIC STATIONS AND DVB-T2 TRANSMITTERS ON ADJACENT CHANNELS

D.V. Zakalsky, e-mail: danyl_6919@mail.ru, **O.I. Sovkova**, e-mail: sov-
kova.olga@inbox.ru, **D.M. Egorov**, e-mail: e_d_m@inbox.ru

Far Eastern Federal University (FEFU), Vladivostok

This article is devoted to assessing the results of modeling the possible impact of the operation of LTE-standard base stations on the DVB-T2 signal in the Sovetsky district of Vladivostok on the quality of terrestrial television broadcasting of a single-frequency DVB-T2 network. The deployment of LTE networks using the frequency range 790-820 MHz (band 20) is fraught with some problems to preserve the quality of the existing DVB-T2 networks. The paper attempts to estimate, based on model and analytical calculations, the radius of the interference zone when LTE base stations operate on television broadcasting in one of the densely populated areas of Vladivostok. For this, we used radio propagation modeling using the Longley-Rice model implemented in the Radio Mobile software package.

Keywords: LTE, DVB-T2, combined and adjacent channels, Longley-Rice model.

Вопрос о совместимости сетей мобильной связи с сетями цифрового телевизионного вещания, работа которых осуществляется в частотных диапазонах, близких к тем, которые используются при переходе на эфирное цифровое телевидение, поднимался уже не раз. Использование общего ресурса различными системами приводит к эффекту образования так называемых слепых зон, в которых прием ТВ-вещания вокруг базовых станций может стать практически невозможным. Данная ситуация происходит из-за того, что сигналы базовых станций, расположенных в пределах плотной городской застройки, принимаются телевизионными антеннами, находящимися в непосредственной близости. Подобное тесное соседство как в географическом смысле, так и в радиочастотном спектре будет определенно создавать проблемы в работе каждой из них. Поэтому вопрос о совместимости развивающихся новых стандартов цифрового телевидения и мобильных сетей, возникающий при использовании совместных частот, необходимо тщательно изучать.



Данная статья посвящена обсуждению результатов моделирования возможного влияния работы базовых станций стандарта LTE на сигнал DVB-T2 в Советском районе г. Владивостока на качество эфирного телевизионного вещания одночастотной сети DVB-T2.

В России операторы «большой четвёрки» задействуют для сетей LTE следующие частотные диапазоны: 1800 МГц (band 3), 2,5-2,7 ГГц (band 7), 800 МГц (band 20) [1]. Несмотря на то, что диапазон частот band 20 используется в качестве резервного, за счет этой дополнительной частоты при перегрузке основных частот обеспечивается работа сети. В настоящей работе анализировался именно этот диапазон, частоты которого согласно проведенной в 2007 году всемирной конференции по радиосвязи распределены на глобальной основе для систем ИМТ. Однако, службы телерадиовещания также заинтересованы в доступе к данным частотам для расширения предоставляемых услуг, как в количественном отношении, так и в качественном.

Для решения поставленной выше задачи использовалась модель Лонгли-Райса, реализованная в открытом программном продукте RadioMobil. Задавались следующие параметры моделирования: для полезного телевизионного сигнала уровень напряженности поля для условий фиксированного приема принимался равным не менее 55,9 дБ мкВ/м.

Считаем, что помеховый сигнал может создаваться БС LTE при работе на совмещенном и смежном канале. На совмещенном канале уровень помехи должен быть не выше 55,9 дБмкВ/м, для беспрепятственного ТВ вещания. Уровень помехи на смежном канале в соответствии с ГОСТом примем -30дБ что соответствует уровню излучения БС на боковых частотах, так же на смежном канале излучение БС будем считать внеполосными и равными -50 дБ. Исследования выполнялись для одной из частот диапазона равной 791,25 МГц, которая соответствует 61 ТВ каналу. В расчетах использовалась и цифровая карта территории с разрешением 1 арксекунда и карта растительности.

При расчете значения минимальной медианной напряженности поля сигнала DVB-T2 на частоте 791,25 МГц в вычислениях использовались существующие на текущий момент параметры сигнала: режим передачи сигнала – 32К, 64 QAM, $G_i = 1/16$, FEC = 4/5, величина защитного интервала составляет 224 мкс, битрейт на выходе = 33,06 Мбит/с. Таким образом было получено, что минимальная медианная напряженность поля при вероятности охвата места 95% и 99% по времени составляет 55,9 дБмкВ/м. Для БС LTE на основании действующих технических нормативных правовых актов предельно допустимый уровень электромагнитного поля, создаваемого антеннами БС сети LTE сотовой радиосвязи на территории жилой застройки и мест массового отдыха, помещений жилых и общественных зданий не должен превышать 10 мкВт/см², что соответствует уровню 135,7 дБмкВ/м. [2] Исследования проводились для БС LTE у которых нижняя граница отображаемого сигнала была равной значению минимальной медианной напряженности поля сигнала DVB-T2, а верхняя соответствовала ограничению нормам СанПиН [3]. На рис. 1 показан результат расчетов зоны обслуживания сети LTE на исследуемой территории на совмещенном канале. Видно, что практически вся исследуемая территория обеспечивается уровнем сигнала выше значения 56 дБ мкВ/м, что делает невозможным качественный прием телевизионного сигнала.



На рис. 2 показан результат моделирования поля помехового сигнала, создаваемого БС LTE на уровне -30 дБ на смежном канале. Мы видим, что напряженность поля сигнала БС LTE превышает минимальную медианную напряженность поля на значительной территории.

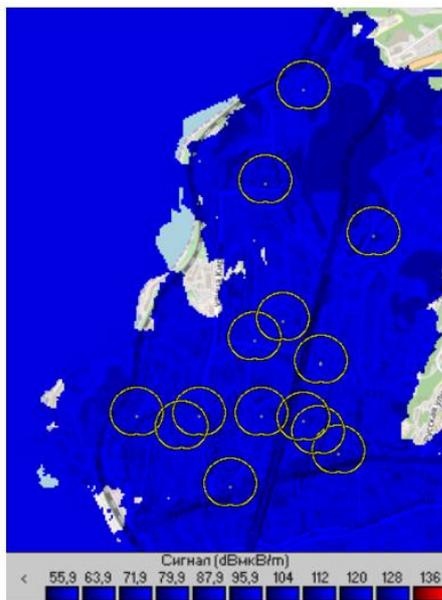


Рис. 1 – Моделирование уровня сигнала БС LTE на совмещенном канале

При работе базовой станции LTE возникает излучение на боковых полосах смежного канала, которые оказывают мешающее воздействие на телевизионный сигнал. В радиусе 200м от БС уровень боковых излучений может достигать 120 дБмкВ/м, в результате чего ухудшается или становится невозможным прием сигнала.

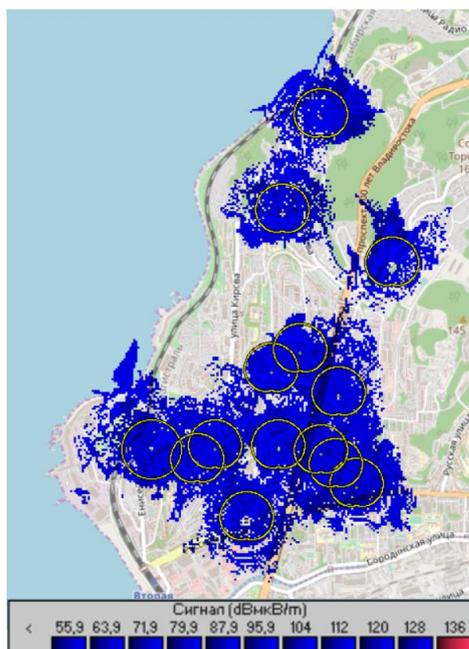


Рис. 2 – Моделирование сигнала БС LTE на уровне -30 дБ на смежном канале

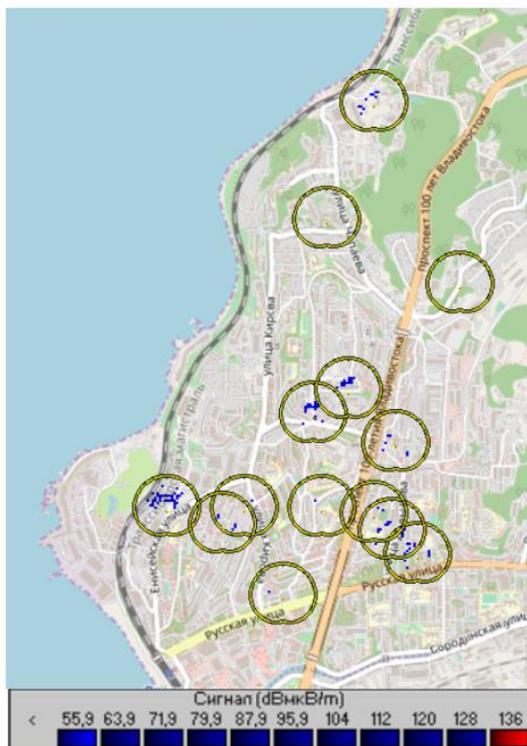


Рис. 3 – Моделирование сигнала БС LTE на уровне -50 дБ на смежном канале

На рис. 3 показан результат зоны обслуживания сети БС LTE на исследуемой территории на смежном канале при побочном излучении. По результатам моделирования можно сделать вывод, что на побочном канале, БС LTE оказывает несущественное воздействие на телевизионный сигнал, однако это не исключает проблем ЭМС в некоторых областях исследуемой территории.

В любом случае можно предположить, что при частотном территориальном планировании сетей LTE присвоение смежного с телевизионного канала может привести к проблемам в работе сетей телевидения, в некоторых случаях радиус зоны помех от одиночной БС LTE может превышать 200 м, а в совокупности составит значительную область данного района.

Таким образом, Оценка результатов моделирования показала, что в зоне обслуживания телевизионной сети DVB - T2 могут возникнуть явные области теней при развертывании сетей LTE в диапазоне «цифрового дивиденда».

Так же результаты моделирования можно подкрепить расчётом радиуса зоны покрытия БС LTE при заданной напряженности поля для соответствующих частот, с учетом мощности передатчика и высоты подвеса передающей и приемной антенн. В данном расчете не учитывается коэффициент усиления приемной антенны, а также затухание в фидере.

Произведен аналитический расчет зоны покрытия сетью цифрового наземного вещания по стандарту DVB-T2 с использованием формулы Введенского:

$$E_m = \frac{2,18 \cdot \sqrt{P \cdot D} \cdot h_1 \cdot h_2 \cdot k_r}{\lambda \cdot r^2}, \quad ((1))$$



где E_m – напряженность электромагнитного поля, дБмкВ/м; P – мощность излучения передающей антенны, кВт; D – коэффициент усиления передающей антенны, дБи; h_1 – высота подвеса передающей антенны, м; h_2 – высота подвеса приемной антенны, м; k_r – коэффициент кривизны земной поверхности; λ – длина волны, м; r – радиус зоны покрытия, км.

Выражение (1) получено с учетом следующего обстоятельства. Антенны станций ОВЧ ЧМ и ТВ вещания размещаются на башнях (опорах) значительной высоты (до 350 м и более). Поэтому можно считать, что произвольная точка наблюдения у земной поверхности находится в дальней зоне антенны, где волновой фронт сформирован, и характеристики направленности не зависят от расстояния R .

Для расчета необходимого радиуса зоны поражения сигнала, создаваемой БС представим формулу в другом виде:

$$r = \sqrt{\frac{2,18 \cdot \sqrt{P \cdot D} \cdot h_1 \cdot h_2 \cdot k_r}{E_m \cdot \lambda}} \quad (2)$$

Различные комбинации излучаемой мощности базовой станции (табл. 1) показывают изменение размеров “слепых зон” при различных режимах работы БС LTE и приема сигнала DVB-T2.

Таблица 1

Радиус слепой зоны вокруг БС мобильной связи

№ БС	Радиус слепой зоны вокруг БС, км								
	791,25 МГц			807,25 МГц			815,25 МГц		
	совмещенный	смежный -30 дБ	смежный -50 дБ	совмещенный	смежный -30 дБ	смежный -50 дБ	совмещенный	смежный -30 дБ	смежный -50 дБ
1	1,169	0,208	0,066	1,179	0,21	0,066	1,184	0,211	0,067
2	0,955	0,17	0,054	0,963	0,171	0,054	0,967	0,172	0,054
3	1,169	0,208	0,066	1,179	0,21	0,066	1,184	0,211	0,067
4	1,169	0,208	0,066	1,179	0,21	0,066	1,184	0,211	0,067
5	1,458	0,259	0,082	1,471	0,262	0,083	1,477	0,263	0,083
6	1,169	0,208	0,066	1,179	0,21	0,066	1,184	0,211	0,067
7	1,169	0,208	0,066	1,179	0,21	0,066	1,184	0,211	0,067
8	1,006	0,179	0,057	1,015	0,18	0,057	1,019	0,181	0,057
9	1,233	0,219	0,069	1,243	0,221	0,07	1,248	0,222	0,07
10	1,458	0,259	0,082	1,471	0,262	0,083	1,477	0,263	0,083
11	1,233	0,219	0,069	1,243	0,221	0,07	1,248	0,222	0,07
12	1,125	0,2	0,063	1,135	0,202	0,064	1,14	0,203	0,064
13	1,273	0,226	0,072	1,284	0,228	0,072	1,289	0,229	0,072
14	1,169	0,208	0,066	1,179	0,21	0,066	1,184	0,211	0,067

Анализируя полученные данные можно заключить, что в пределах зоны обслуживания телевизионного передатчика Советского района г. Владивостока совместное использование радиочастотного спектра БС LTE и DVB-T2 связано с возникновением проблем. Так на совмещенном канале образуется зона тени от одиночно стоящей базовой станции стандарта LTE размером более 1 км, что делает



невозможным прием сигнала. На смежных каналах зона тени, согласно аналитическим расчетам, имеет несколько меньший размер, который тем не менее достаточно велик, чтобы оставить без эфирного телевидения не одну сотню жителей многоквартирных домов.

В связи с этим следует обратить особое внимание на вопросы ЭМС при проектировании новых сетей LTE, так как невнимательное отношение к данному вопросу, может сказаться на качестве приема телевизионного и мобильного сигнала абонентом.

Список цитируемой литературы

1. Частотные диапазоны LTE в России. URL: http://anisimoff.org/lte/lte_bands_russia.html.
2. Ломакин А.Ф., Стеценко Г.А Основы организации цифрового эфирного телевидения»: учебно-метод. пособие. — Владивосток: Изд-во ДВФУ, 2017. — 117 с.
3. СП 118.13330.2012* Общественные здания и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 31-06-2009 (с Изменениями N 1, 2)
4. Красножен А. Использование цифрового дивиденда и проблемы совместимости. URL: <http://lib.broadcasting.ru/articles2/newproducts/ispolzovanie-tsifrovogo-dividenda-i-problemy-sovmestimosti--2>

© Закальский Д.В, Совкова О.И, Егоров Д.М, 2019