

УДК 521:396 52

**Бахтиярова Елена Ажибековна** – к.т.н., доцент (г. Алматы, Казахская академия транспорта и коммуникаций им.М. Тынышпаева)

**Спатаева Сания Маратқызы** – магистрант (г. Алматы, Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева)

### СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЗАВИСИМОСТИ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ БАЗОВЫХ СТАНЦИЙ ПОСЛЕДНИХ ПОКОЛЕНИЙ В Г. КАПЧАГАЙ

Основным достоинством LTE является то, что она строится на базе существующего оборудования со сравнительно легкой интеграцией GSM и WCDMA, поэтому сеть LTE поддерживает существующие абонентские устройства 2G и 3G [2].

Основной задачей является провести анализ существующей сети GSM и разворачиваемой сети LTE в г. Капчагай.

Уровень сигнала до модернизации сети GSM показан на рисунке 1. Местность города Капчагай разделена на зоны, имеющие наиболее низкий уровень сигнала, которая и будет модернизироваться экспериментально разворачиванием сети LTE. Как видно на рисунке наиболее низкий уровень сигнала имеют зоны 1,2,3,4,5. Рассмотрим зону, где находится базовая станция КАР001. Прежде всего тестировать уровень сигнала сети LTE необходимо проанализировать уровень сигнала какой-либо базовой станции, работающей в сети GSM.

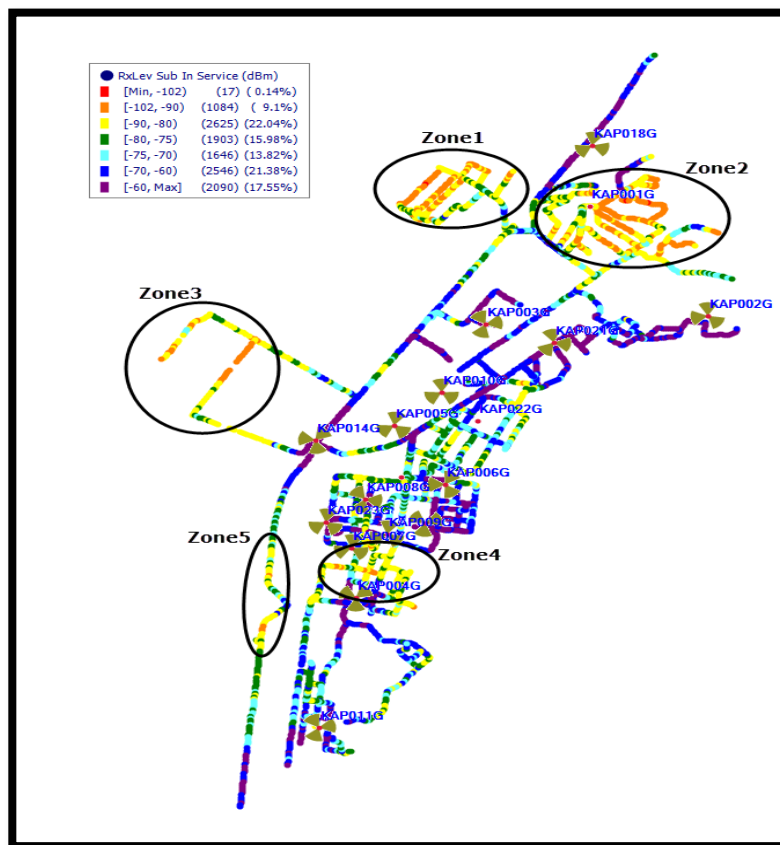


Рисунок 1-Уровень сигнала связи до модернизации сети GSM

На рисунке 2 указано месторасположение базовой станции КАР001. Эта зона полностью связана с охватом.

Как видно из рисунка 2 ухудшение качества связано с плохим охватом. КАР018С не

может покрыть эту зону из-за профиля высоты, который показан на левом рисунке. Расположение зоны намного выше, чем базовая станции, а наивысшая точка - всего 8 метров. Единственное решение – улучшить, модернизировать базовую станцию КАР001, который может улучшить покрытие (запланированная высота площадки 18 метров)



Рисунок 2- месторасположение базовой станции КАР0001

Заданные свойства принятого сигнала рассчитываются чувствительностью приемника. Можно представить общее уравнение передачи как:

$$P_{прм} = \frac{P_{прд} \cdot \eta_{фпрд} \cdot G_{анрд} \cdot \xi_n \cdot G_{анрм} \cdot \eta_{фпрм} \cdot \xi_c}{L_{\Sigma}}, \quad (1)$$

В таблице 1 приведены параметры базовой и мобильной станций, необходимые для вычисления суммарных затуханий радиоволн (в восходящем и нисходящем каналах передачи данных).

Таблица 1 - Параметры BS и MS для существующей сети GSM и LTE

Символ значения	Название и единица измерения	Значение GSM	Значение LTE
$P_{прдБС}$	Мощность передатчика БС, дБ/Вт	13	40
$G_{прдБС}$	К-т усиления передающей антенны БС, дБ	18	18
$f_{прдБС}$	Полоса рабочих частот передачи БС, МГц	900-1800	900-1800
$P_{прмБС}$	Чувствительность приемника БС, дБ/Вт	-138	-138
$G_{прмБС}$	К-т усиления приемной антенны БС, дБ	18	18
$f_{прмБС}$	Полоса рабочих частот приема БС, МГц	900-1800	900-1800
$P_{прдМС}$	Мощность передатчика МС, дБ/Вт	-3	-3
$G_{прдМС}$	К-т усиления передающей антенны МС, дБ	0	0
$f_{прдМС}$	Полоса рабочих частот передачи МС, МГц	900-1800	900-1800
$P_{прмМС}$	Чувствительность приемника МС, дБВт	-104	-104

$G_{прмМС}$	К-т усиления приемной антенны МС, дБ	0	0
$f_{прмМС}$	Полоса рабочих частот приема МС, МГц	900-1800	900-1800

Проведем расчет поправки, который учитывает рельеф местности. На рисунке 2 показано местоположение и координаты существующей БС КАР001. Это мачта высотой равный 40 м. В проекте используется трехсекторная антенна, поэтому расчет произведем по трем направлениям: Север, юго-Восток и юго-Запад. Найдем поправки, которые учитывают рельеф местности. И определим коэффициент  $L_{рел}$ .

Для расчета дальности связи воспользовались параметрами эмпирической модели распространения радиоволн Okumura – Hata. Эти параметры рассчитываются как [3]:

$$L_{рел} = \begin{cases} \text{Север} \\ \text{Юго-Восток} \\ \text{Юго-Запад} \end{cases} \quad (2)$$

Радиус зоны покрытия базовой станции и мобильной станции:

$h_b = 40$  м – высота антенны базовой станции

$h_m = 10$  м – высота антенны мобильной станции

Воспользуемся формулой 2 и определим из потери распространения  $L_p$  соответствующую зависимость. Таким образом можем найти зависимость дальности связи МС от чувствительности и определим качество принятого сигнала, которое и определяет чувствительность приемника. Найдем зависимость чувствительности приемника от дальности связи [1]:

БС-GSM:

От БС к МС:

$$f_0 = 1800 \text{ МГц};$$

$$a(h_m) = 3,2 \cdot [\lg(11,75 \cdot 10)]^2 - 4,97 = -2,2;$$

$$A = A(f_0, h_b, h_m) = 69,55 + 26,16 \cdot \lg(1800) - 13,82 \cdot \lg(40) + 2,2 = 134,75;$$

$$B = B(h_b) = 44,9 - 6,55 \cdot \lg(40) = 34,4;$$

$$L_p = A + B \cdot \lg(r) = 134,75 + 34,4 \cdot \lg(r);$$

$$\begin{aligned} P_{np} &= P_{прдБС} + \eta_{фпрдБС} + G_{анрдБС} + \xi_{нБС} + G_{прмМС} + \eta_{фпрмМС} + \xi_{сМС} - L_{\Sigma} = \\ &= 13 + 0,95 + 18 + 0,9 + 0 + 0,95 + 0,9 - L_{\Sigma} = 34,7 - L_{\Sigma} = 34,7 - L_p - L_{PEЛ} = \\ &= 34,7 - A - B \cdot \lg(r) - L_{PEЛ} \end{aligned}$$

$$L_{PEЛ} = -1,5 \text{ дБ} - \text{север};$$

$$L_{PEЛ} = -1,25 \text{ дБ} - \text{юго-восток};$$

$$L_{PEЛ} = -0,5 \text{ дБ} - \text{юго-запад};$$

Север

$$P_{np} = 34,7 - A + B \cdot \lg(r) - L_{PEЛ} = 34,7 - 134,75 - 34,4 \cdot \lg(r) + 1,5 = -98,55 - 34,4 \cdot \lg(r);$$

$$P_{np} = -98,55 - 34,4 \cdot \lg(r);$$

Юго-восток

$$P_{np} = -100,05 - 34,4 \cdot \lg(r) + 1,25 = -98,8 - 34,4 \cdot \lg(r);$$

$$P_{np} = -98,8 - 34,4 \cdot \lg(r);$$

Юго-запад

$$P_{np} = -100,05 - 34,4 \cdot \lg(r) + 0,5 = -99,55 - 34,4 \cdot \lg(r);$$

$$P_{np} = -99,55 - 34,4 \cdot \lg(r).$$

БС-LTE:

От БС к МС:

$$\begin{aligned} P_{np} &= P_{np\partial BC} + \eta_{фnp\partial BC} + G_{анp\partial BC} + \zeta_{нBC} + G_{np\partial MC} + \eta_{фnp\partial MC} + \zeta_{сMC} - L_{\Sigma} = \\ &= 40 + 0,95 + 18 + 0,9 + 0 + 0,95 + 0,9 - L_{\Sigma} = 61,7 - L_{\Sigma} = 61,7 - L_P - L_{PEЛ} = \\ &= 61,7 - A - B \cdot \lg(r) - L_{PEЛ} \end{aligned}$$

$$L_{PEЛ} = -1,5 \text{ дБ} - \text{север};$$

$$L_{PEЛ} = -1,25 \text{ дБ} - \text{юго-восток};$$

$$L_{PEЛ} = -0,5 \text{ дБ} - \text{юго-запад};$$

Север

$$P_{np} = 61,7 - A + B \cdot \lg(r) - L_{PEЛ} = 61,7 - 134,75 - 34,4 \cdot \lg(r) + 1,5 = -70,55 - 34,4 \cdot \lg(r);$$

$$P_{np} = -70,55 - 34,4 \cdot \lg(r);$$

Юго-восток

$$P_{np} = -73,05 - 34,4 \cdot \lg(r) + 1,25 = -71,8 - 34,4 \cdot \lg(r);$$

$$P_{np} = -71,8 - 34,4 \cdot \lg(r);$$

Юго-запад

$$P_{np} = -73,05 - 34,4 \cdot \lg(r) + 0,5 = -72,55 - 34,4 \cdot \lg(r);$$

$$P_{np} = -72,55 - 34,4 \cdot \lg(r).$$

От МС к БС и у БС-LTE и БС-GSM будет одинаково:

Север

$$P_{np} = 18,7 - 127,6 - 34,4 \cdot \lg(r) + 1,5 = -107,6 - 34,4 \cdot \lg(r);$$

$$P_{np} = -107,6 - 34,4 \cdot \lg(r).$$

Юго-восток

$$P_{np} = -109,1 - 34,4 \cdot \lg(r) + 1,25 = -107,85 - 34,4 \cdot \lg(r);$$

$$P_{np} = -107,85 - 34,4 \cdot \lg(r);$$

Юго-запад

$$P_{np} = -109,1 - 34,4 \cdot \lg(r) + 0,5 = -108,5 - 34,4 \cdot \lg(r);$$

$$P_{np} = -108,5 - 34,4 \cdot \lg(r).$$

Полученные зависимости дальности связи от чувствительности приемника МС изображены на рисунке 3 и 4.

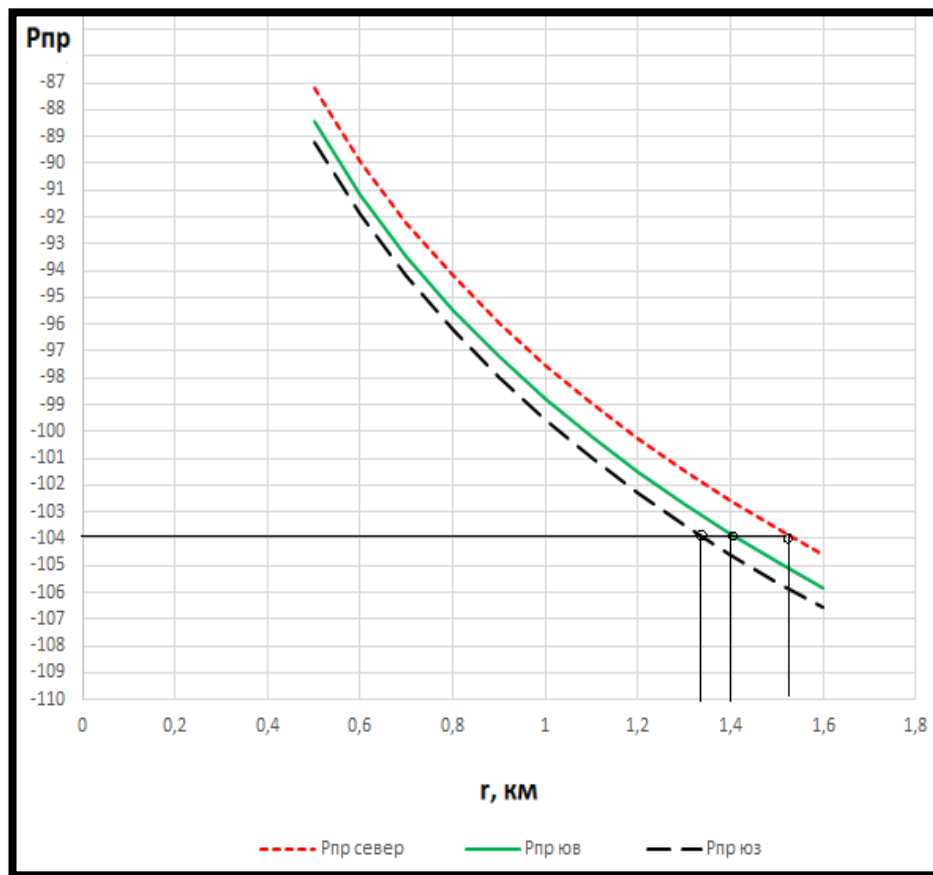
Дальность действия при чувствительности приемника  $P_{прмМС} = -104$  изображена в таблице 2.

Таблица 2-

Параметры расчетов дальности связи БС-LTE и БС-GSM при чувствительности приемника  $P_{прмМС} = -104$

Направление связи	От БС до МС, км (LTE)	От БС до МС, км (GSM)	От МС до БС, км
Север	1,35	9,5	0,82
Юго-восток	1,4	8,9	0,79
Юго-запад	1,55	7,9	0,71

Для изображения зоны покрытия выбрали значения дальности действия от БС к МС. Из произведенных расчетов обозначили на карте зону покрытия базовой станции технологии GSM и зону покрытия для LTE, изображенную на рисунке 5. В ходе расчетов дальности связи было получено то, что дальности связи БС-LTE меньше чем у БС-GSM в северном направлении на 8,5 км, юго-восточном направлении на 7,5 км, юго-западном направлении на 6,35 км. Это означает LTE имеют меньшую зону охвата.



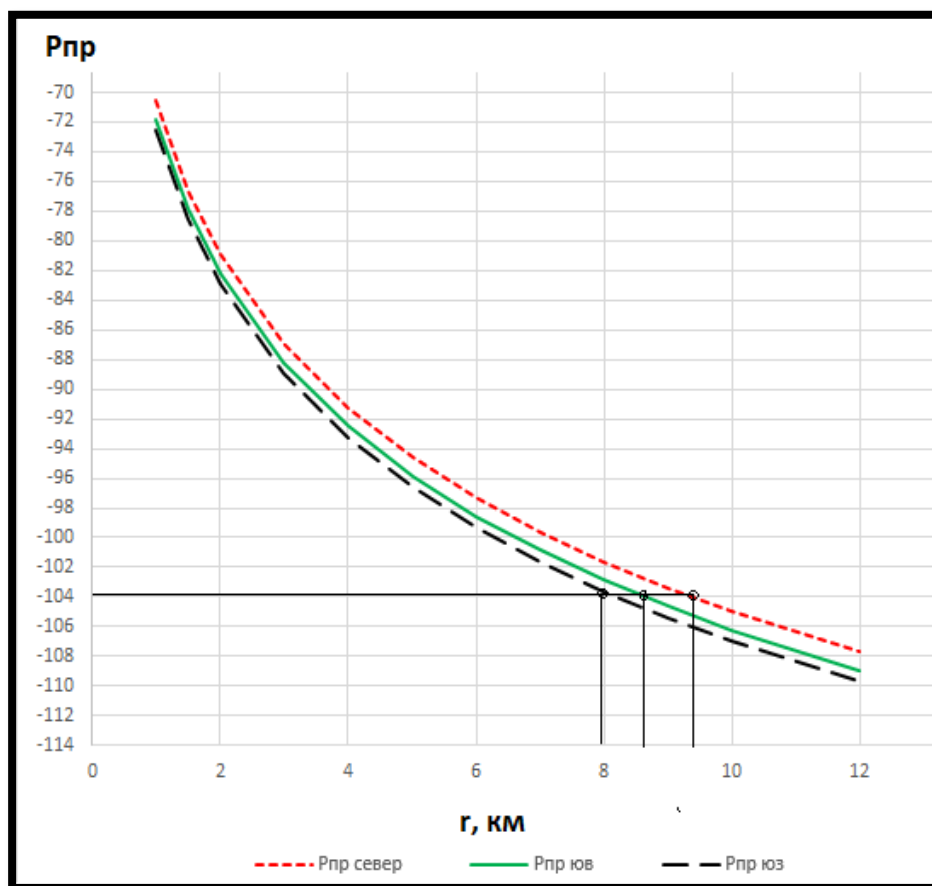


Рисунок 3 - Зависимость дальности связи от чувствительности приемника МС от при частоте 1800 МГц ( LTE и GSM)

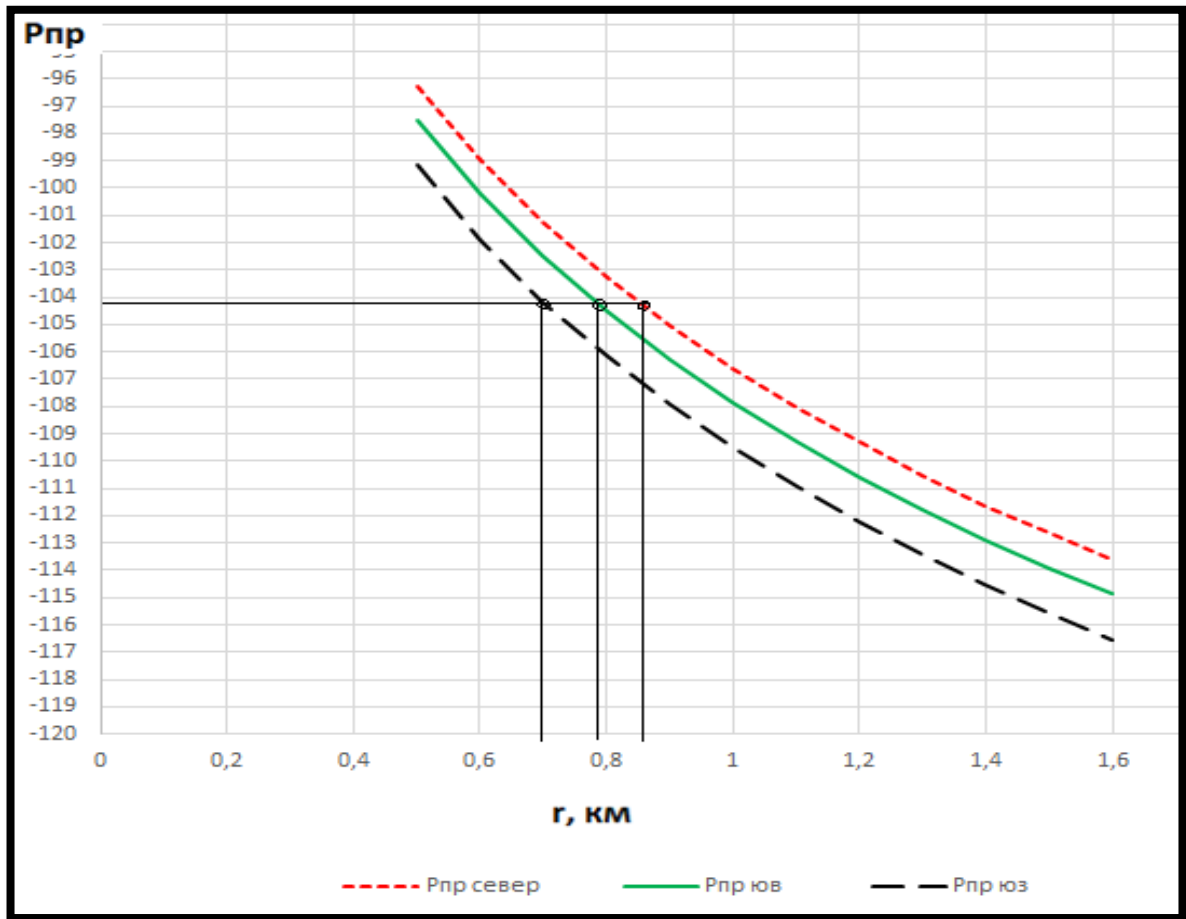


Рисунок 4 - Зависимость дальности связи от чувствительности приемника МС от при частоте 900 МГц

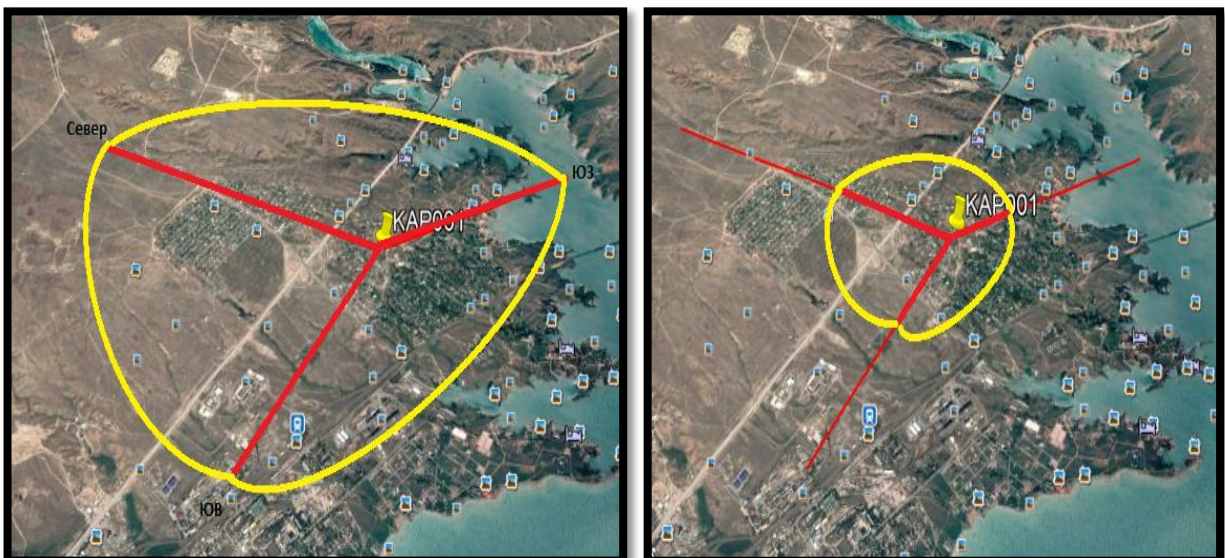


Рисунок 5 - Зона покрытия для для GSM и LTE, рассчитанная с помощью параметров модели Окамура и Хата

Уровень сигнала БС- КАР001 существующей сети GSM и модернизированной сети LTE приведен на рисунке 6.

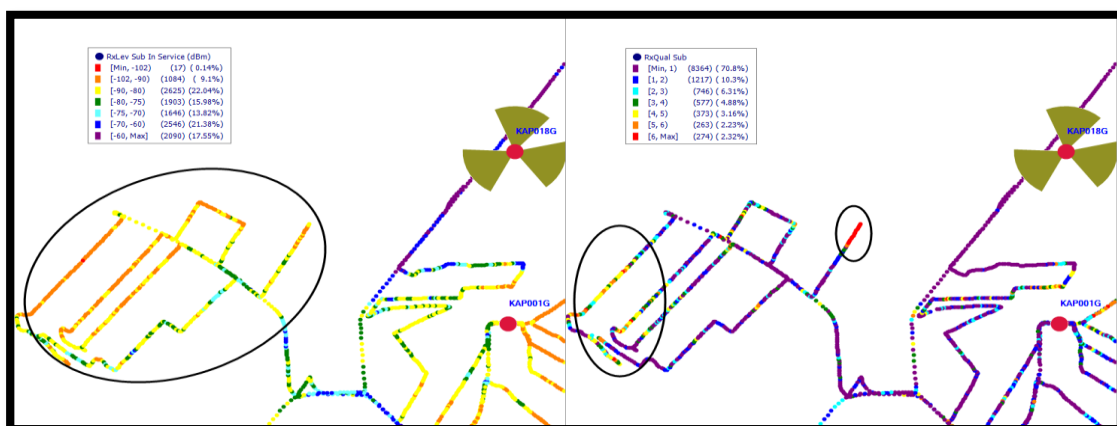


Рисунок 6 - Уровень сигнала БС- KAP001 существующей сети GSM и модернизированной сети LTE

**Вывод.** Так как мощность передатчика LTE больше чем у передатчика GSM, то и уровень сигнала и скорость передачи сигнала улучшится, что и показал тест-драйв, наглядно продемонстрированный на рисунке 9. Можно увидеть изменения уровня сигнала сети GSM после модернизации сети LTE. Наиболее критическая точка из 0,14% улучшилась к 2,32%. Но по расчетам и теоретически дальность связи у БС-LTE меньше чем у БС-GSM.

Таким образом был проведен сравнительный анализ по уровню сигнала и дальности связи обеих технологий.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Тихвинский В.О., Терентьев С.В., Юрчук А.Б. Сети мобильной связи LTE: технология и архитектура. – М.: Эко-Трендз, 2010.
2. Гельгор А. Л. Технология LTE мобильной передачи данных: учебное пособие. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2011.
3. Бабаков В. Ю., Вознюк М. А., Михайлов П. А. Сети мобильной связи. Частотно-территориальное планирование. Учебное пособие для ВУЗов. -М: Горячая линия – Телеком, 2007.