

Экологическая безопасность строительства и городского хозяйства

DOI: <https://doi.org/10.24866/2227-6858/2021-3-14>
УДК 629.128

Л.Г. Стаценко, А.А. Бахвалова, И.Д. Жмакина

СТАЦЕНКО ЛЮБОВЬ ГРИГОРЬЕВНА – д.ф.-м.-н., профессор, SPIN: 1082-8734,
ResearcherID: F-8862-2014, ORCID: 0000-0001-7498-9534, ScopusID: 6507661729,
lu-sta@mail.ru

БАХВАЛОВА АННА АЛЕКСАНДРОВНА – старший преподаватель

(автор, ответственный за переписку), anetta@mail.ru

ЖМАКИНА ИРИНА ДМИТРИЕВНА – магистрант, zhmakina.id@students.dvfu.ru

Политехнический институт

Дальневосточный федеральный университет

Владивосток, Россия

Электромагнитный фон на территории кампуса ДВФУ на о. Русский: инструментальные измерения

Аннотация: Близость источников электромагнитного поля к жилым застройкам формирует электромагнитную нагрузку на население. В крупных городах суммарная мощность электромагнитного поля абонентских терминалов и базовых станций сотовой связи превышает мощность всех других радиотехнических объектов. Проблема электромагнитного загрязнения усугубляется сложным взаимодействием электромагнитного поля с объектами городской среды, разнонаправленностью антенн и вертикальной изменчивостью поля. В предлагаемой статье приводятся результаты инструментальных измерений уровней электромагнитного поля на территории кампуса Дальневосточного федерального университета (Владивосток) в мае 2021 года. Обосновывается необходимость сочетания расчетных методов и прямых измерений в рамках социально-гигиенического мониторинга. Предлагаются альтернативные варианты по размещению передающего оборудования для уменьшения нагрузки на электромагнитный фон.

Ключевые слова: электромагнитная экология, электромагнитное поле, базовая станция, контроль электромагнитного излучения, электромагнитный фон кампуса

Введение

Интенсивное использование электромагнитной энергии обусловило появление нового фактора загрязнения окружающей среды, а также понятия «электромагнитная экология» [3].

Основными источниками электромагнитного поля техногенного происхождения являются передающие радиотехнические объекты (ПРТО) радиосвязи, радиовещания, телевидения, радиолокации, причем их близость к жилым застройкам формирует мощную электромагнитную нагрузку на население [1, 2]. Эксперименты, проведенные в различных странах [7, 8], показали, что наибольший вклад в общую электромагнитную нагрузку вносит нисходящий канал (канал передачи данных от базовой к мобильной станции сотовой связи), что составляет от 61 до 99% общего воздействия.

Известно, что число пользователей сотовой связи практически достигает численности населения, а в связи с увеличением количества базовых станций растет количество людей, живущих в непосредственной близости к ним.

Для мониторинга воздействия электромагнитного поля (ЭМП) в России и за рубежом существуют мобильные измерительные системы [4–6], способные зафиксировать радиочастотное воздействие на выбранных территориях за короткое время.

Цель работы: проанализировать формирование электромагнитной обстановки в условиях плотной городской застройки и на основании эксперимента, проведенного на территории кампуса ДВФУ, оценить электромагнитную нагрузку на окружающую среду. При этом эксперимент рассматривается как часть геоинформационного мониторинга города Владивостока.

Эксперимент: материалы и методы

Для измерения уровня электромагнитного поля мы использовали измеритель Narda SRM-3006 (рис. 1), состоящий из основного модуля и измерительной антенны, для определения электромагнитных полей и их источников в диапазоне частот от 9 кГц до 6 ГГц. Электромагнитное поле, фиксируемое антенной, преобразуется в эквивалентный электрический сигнал, который подается по радиочастотному кабелю в измерительное устройство, выполняющее обработку информации и отображающее параметры измеряемого электромагнитного излучения на встроенном ЖК-дисплее.



Рис. 1. Общий вид SRM-3006

Если несколько операторов мобильной связи используют один антенный полигон, SRM-3006 фиксирует общую напряженность поля и вклад каждого отдельного сервиса.

Измерения проводились в нескольких районах города Владивостока и на территории кампуса ДВФУ в мае 2021 г., в рабочие дни, с 8:00 до 21:00. Все контрольные точки располагаются в зоне прямой видимости антенн базовых станций на высоте 2 м от уровня земли. Выбранные на территории города Владивостока точки характеризуются наличием в округе перепада рельефа, а также плотной административной и жилой застройки, превышающей высоту подвеса антенн.

Выбор 5 точек в городе Владивостоке:

- возле девятиэтажного жилого дома по ул. Калинина, 42 (43°6'11.56"С, 131°53'54.64"В);
- возле двухэтажного здания кафе по ул. Светланская, 56 (43° 6'49.13"С, 131°53'45.41"В);
- возле двухэтажного здания кафе по ул. Светланская, 44 (43° 6'54.02"С, 131°53'20.64"В);
- возле четырехэтажного административного здания по ул. Уборевича, 10, а/б (43°7'1.10"С, 131°53'20.00"В);
- возле пятиэтажного административного здания по ул. Крылова, 10 (43°7'20.68"С, 131°54'16.18"В).

Измерения проводились в каждой точке в течение дня с 8:00 до 21:00, фиксировался суммарный уровень электромагнитного поля от всех операторов сотовой связи. Результаты представляются в виде зависимости плотности потока энергии (ППЭ) электромагнитного поля от времени суток. В качестве примера на рис. 2 представлены результаты измерений электромагнитного фона в течение дня.

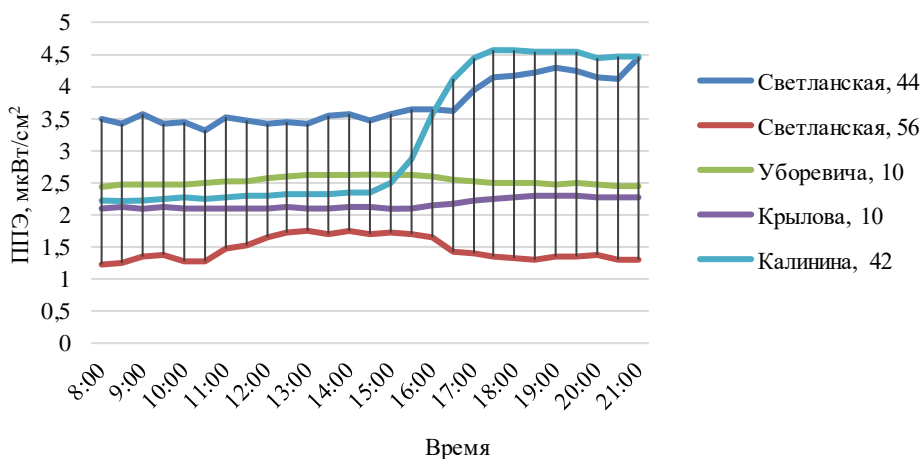


Рис. 2. Изменение электромагнитного фона в течение дня

Самый высокий уровень электромагнитного фона в течение дня (от 3,3 до 4,5 мкВт/см²) наблюдался по адресу ул. Светланская, 44, где расположено три кафе. Суммарная плотность потока энергии в некоторые моменты времени превышала 4 мкВт/см². Высокие уровни электромагнитного фона наблюдались и в районе административного здания по ул. Калинина, 42. В вечернее время значение плотности потока энергии превышало 4,5 мкВт/см². Однако стоит отметить, что в данной точке уровень электромагнитного фона увеличился лишь к вечеру, в течение дня значение ППЭ колебались от 2 до 2,5 мкВт/см². В остальных районах суммарный уровень ППЭ в течение дня не превышал 2,7 мкВт/см².

Владивосток – город со сложным рельефом, поэтому выбор мест размещения ПРТО ограничен. Ситуацию усугубляет еще и тот факт, что базовые станции разных операторов размещаются на одних и тех же объектах, что приводит к увеличению электромагнитного фона (рис. 3).

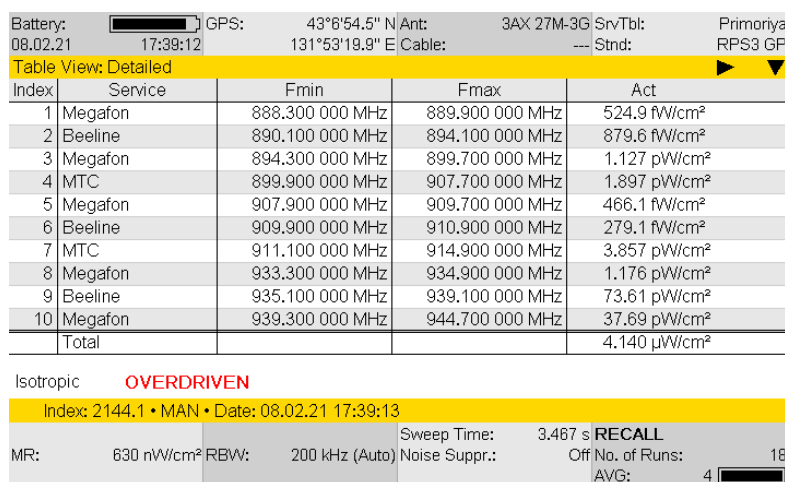


Рис. 3. Уровень ППЭ в районе ул. Светланская, 44

Уровень электромагнитного фона, создаваемый отдельным оператором в определенной полосе частот, имеет порядок фемто- и пиковатт на квадратный сантиметр, что значительно ниже предельно допустимого уровня – 10 мкВт/см². Однако суммарный уровень, создаваемый всеми представленными операторами, составляет более 4 мкВт/см² – практически половина предельно допустимой нормы.

Как иллюстрирует рис. 4, основной электромагнитный фон формируется в трех частотных областях 1710–1880 МГц, 1920–2170 МГц и 2490–2590 МГц, что соответствует стандартам связи DCS-1800/LTE-1800, UMTS и LTE-2600. Из них наибольший вклад вносится ЭМП БС полосы частот DCS-1800/LTE-1800.

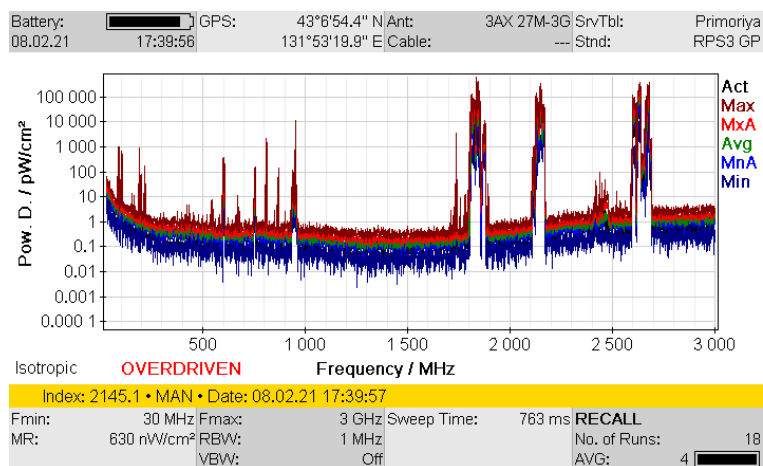


Рис. 4. Спектр сигнала по уровню ППЭ в районе ул. Светланская, 44

Измеренные значения электромагнитного фона в заданных районах соответствуют нормам: не превышают допустимого значения 10 мкВт/см^2 , однако модернизация существующего оборудования путем внедрения систем коммуникаций следующих поколений может привести к изменению электромагнитной обстановки.

На рис. 5 представлен план кампуса ДВФУ на о. Русском с обозначением корпусов, а также с нанесением границ зон, в пределах которых устанавливается превышение ПДУ. Данные зоны рассчитаны для каждого ПРТО отдельно без учета особенностей рельефа и практически не имеют точек пересечения и объединения.

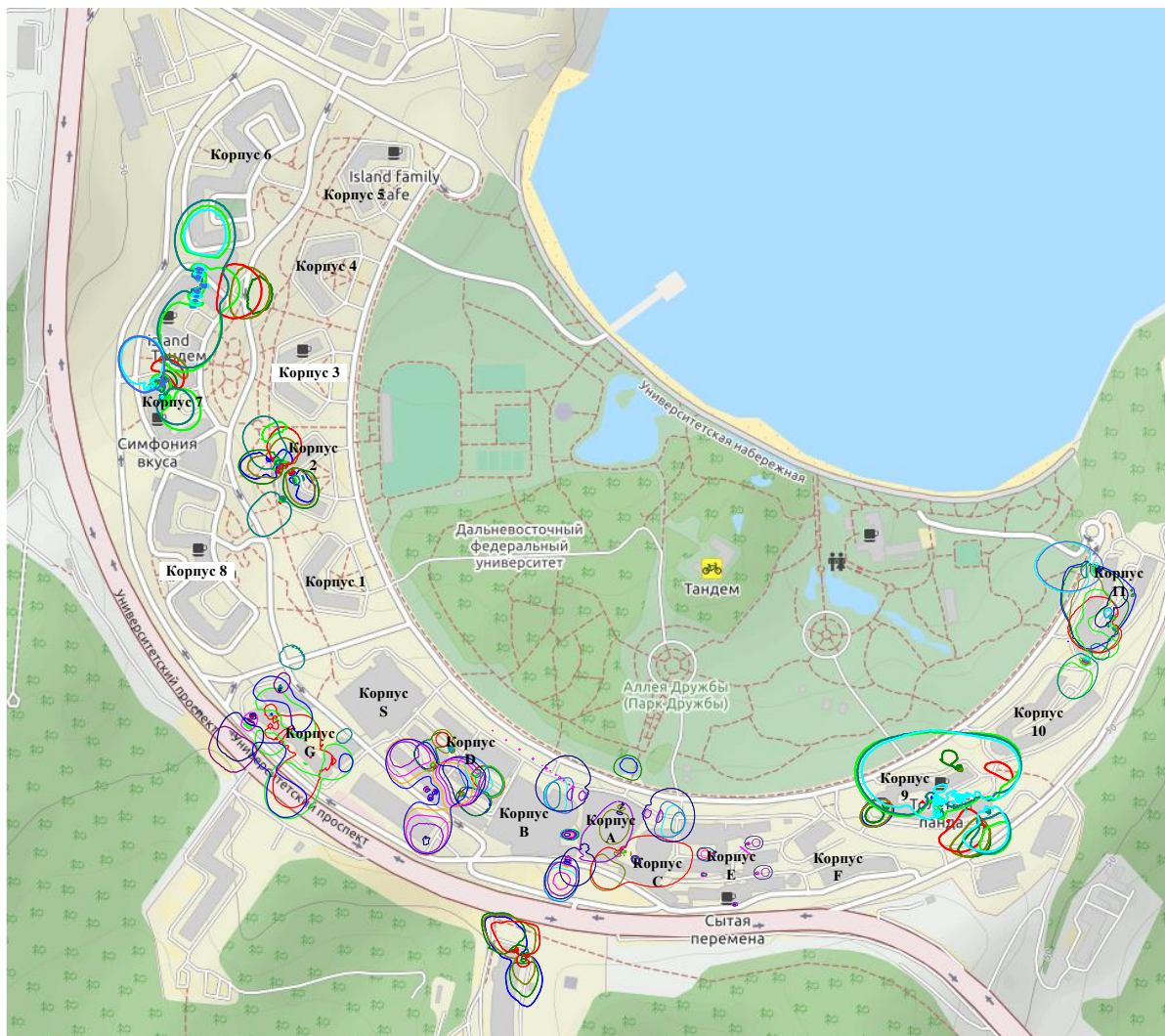


Рис. 5. Ситуационный план с границами зон ограничения застройки от ПРТО на территории кампуса ДВФУ

С помощью SRM-3006 были проведены измерения электромагнитного излучения от базовых станций, расположенных на учебных и жилых корпусах кампуса ДВФУ на о. Русском.

Корпус общежития № 10 располагается между корпусами № 9 и № 11, на крышах которых установлены базовые станции. Для оценки уровня электромагнитного фона в корпусе № 10 были выбраны точки для проведения измерений – в прямой видимости от антенн базовых станций, преимущественно на верхних этажах, измерения проводились в течение 1 часа. Превышений нормы плотности потока электромагнитной энергии не наблюдалось, однако были зафиксированы достаточно высокие значения на уровне 6 этажа в прямой видимости от ПРТО, расположенного на соседнем корпусе № 11. Измерения проводились внутри здания, с учетом поглощения всех конструкций и материалов, значения ППЭ ЭМП достигали в некоторые моменты времени отметки 7 мкВт/см^2 (рис. 6).

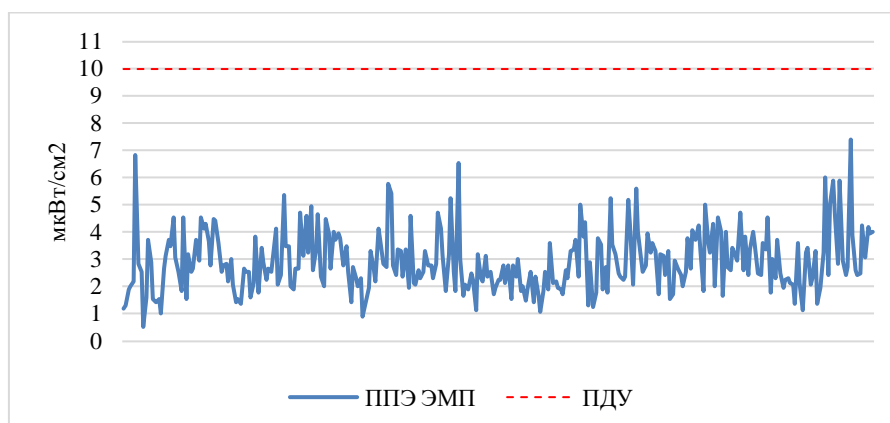


Рис. 6. Изменение электромагнитного фона в течение часа в корпусе № 10 (7 этаж)

На этом уровне в общежитии располагаются комнаты, где имеется выход на балкон, следовательно, можно предположить, что на открытом пространстве в пределах прямой видимости от БС уровень ЭМП будет значительно выше установленной нормы.

Измерения были проведены в одном из учебных корпусов (рис. 7).



Рис. 7. Расположение ПРТО на переходе корпуса Е

Внутри здания значения плотности потока электромагнитной энергии не превышали $0,7 \text{ мкВт/см}^2$ (рис. 8), однако в холле, где выполнено панорамное остекление и имеется возможность открыть окна, измерительный прибор зафиксировал ряд превышений – уровень электромагнитного поля достигал значения 12 мкВт/см^2 – недопустимого в местах постоянного пребывания людей (рис. 8).

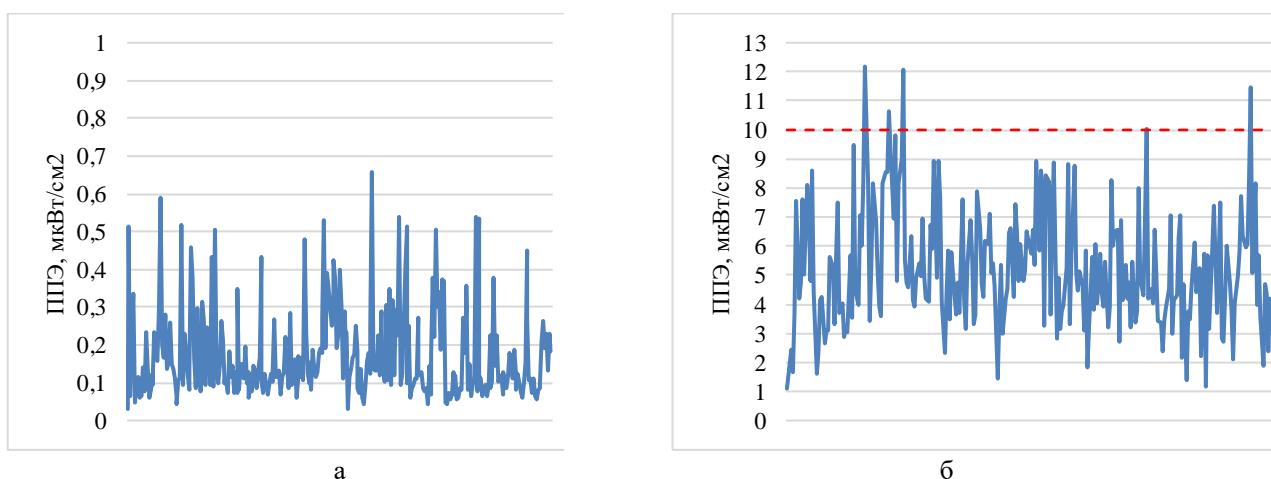


Рис. 8. Изменение плотности потока электромагнитной энергии: а – внутри здания, б – внутри здания при условии открытых окон

Также ряд превышений был зафиксирован в районе северной группы корпусов. В связи со сложным рельефом территории кампуса и близкого расположения жилых корпусов друг к другу базовые станции часто оказываются размещенными напротив жилых комнат соседнего здания (рис. 9).



Рис. 9. Расположение ПРТО:
а – южная часть корпуса № 7; б – северная часть корпуса № 7

Рисунок 10 показывает фиксацию превышения ЭМП в корпусах 6 и 7: уровень поля в некоторые моменты времени составлял более 10 мкВт/см².

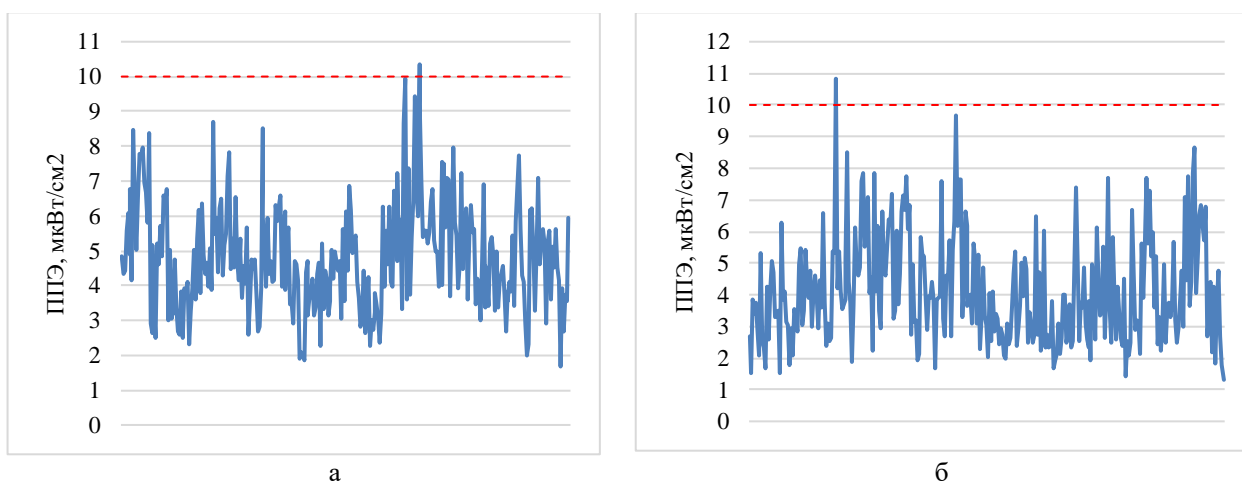


Рис. 10. Изменение плотности потока электромагнитной энергии:
а – корпус № 7 (6 этаж), б – корпус № 6 (6 этаж)

Между южной и северной частями корпуса № 6 расположен вход в минимаркет. Напротив располагается гостиница № 4, на крыше которой имеется несколько базовых станций (рис. 11).



Рис. 11. Базовые станции на корпусе № 4

В данном месте были выявлены самые грубые нарушения. В течение часа уровень электромагнитного излучения многократно превысил ПДУ, а максимальное зафиксированное значение составляло 14,87 мкВт/см² (рис. 12).

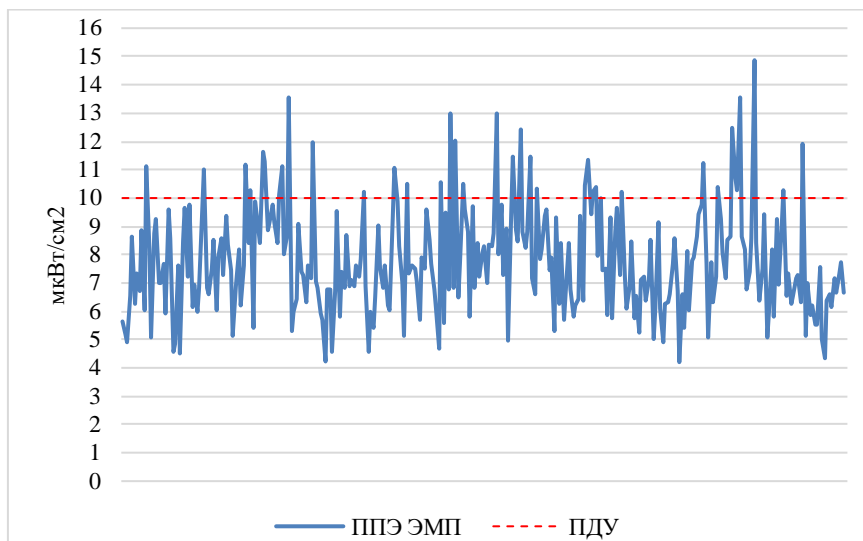


Рис. 12. Изменение электромагнитного фона в течение часа на территории между корпусами № 6.1 и № 6.2 (на высоте 2 м от поверхности земли)

Выводы

Измерения, проведенные в заданных районах города, вне строений, показали, что максимальные значения плотности потока энергии электромагнитного поля не превышают 4,5 мкВт/см². Однако представлять риск здоровью может пространственная неравномерность поля.

На территории кампуса ДВФУ инструментальными исследованиями был выявлен ряд превышений ПДУ. В 4 из 8 проведенных замеров уровень электромагнитного поля превышал ПДУ, что недопустимо в местах постоянного пребывания людей.

Полученные результаты предназначены для обоснования необходимости проведения инструментальных измерений в рамках социально-гигиенического мониторинга. Для городов со сложным рельефом, таких как Владивосток, в частности территория кампуса ДВФУ, метод расчетного прогнозирования не дает надежной оценки воздействия электромагнитного поля на экологическую обстановку. Оптимальным представляется сочетание расчетных методов и прямых измерений.

Нарушения гигиенических нормативов свидетельствуют об актуальности системного мониторинга уровней ЭМП. В ближайшем будущем число студентов, проживающих на территории кампуса ДВФУ, увеличится. Вероятно, операторы будут модернизировать имеющееся ПРТО с помощью установки дополнительного оборудования, роста числа передатчиков и изменением подводимых мощностей. Так как такое положение может привести к усугублению уже сложившейся ситуации, операторам сотовой связи рекомендуется провести совместную работу по минимизации рисков для здоровья населения и поиску мер по защите от избыточного электромагнитного излучения в зданиях.

По нашему мнению, необходим поиск альтернативных площадок для размещения ПРТО, так как увеличение нагрузки на сотовую сеть приводит к ухудшению электромагнитной обстановки вблизи антенн. Предлагается размещать антенны на отдельно стоящих мачтах, а также использовать современные многодиапазонные антенны.

Заявленный вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Грачев Н.Н., Сафонов С.Н. Электромагнитные излучения базовых станций сотовой радиосвязи как фактор опасных воздействий на человека // Актуальные проблемы и перспективы развития радиотехнических и инфокоммуникационных систем: сб. науч. тр. III Междунар. научно-практической конф. Ч. 2. М.: Московский технолог. ун-т, 2017. С. 240–250.
2. Григорьев Ю.Г. От электромагнитного смога до электромагнитного хаоса. К оценке опасности мобильной связи для здоровья населения // Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2018. Т. 63, № 3. С. 28–33. URL: http://www.emf-net.ru/file/article_Grigoriev.pdf (дата обращения: 24.06.2021).
3. Сподобаев Ю.М., Кубанов В.П. Основы электромагнитной экологии. М.: Радио и связь, 2000. 240 с. URL: <https://studylib.ru/doc/2529863/spodobaev-yu.-m.--kubanov-v.-p.-osnovy-e-lektromagnitnoj> (дата обращения: 24.06.2021).
4. Aerts S., Joseph W. Maslanyj M. et al. Prediction of RF-EMF exposure levels in large outdoor areas through car-mounted measurements on the enveloping roads. *Environment International*. 2016;94(September):482–488. DOI: 10.1016/j.envint.2016.06.006
5. Bolte J.F.B., Maslanyj M. Do car-mounted mobile measurements used for radio-frequency spectrum regulation have an application for exposure assessments in epidemiological studies. *Environment International*. 2016;86(January):75–83. DOI: 10.1016/j.envint.2015.09.024
6. Estenberg J., Augustsson T. Extensive frequency selective measurements of radiofrequency fields in outdoor environments performed with a novel mobile monitoring system. *Bioelectromagnetics*. 2014;35:227–230. DOI: 10.1002/bem.21830
7. Hamed J., Marloes E. Public exposure to radiofrequency electromagnetic fields in everyday microenvironments: An updated systematic review for Europe. *Environmental Research*. 2019;176(September):108517. DOI: 10.1016/j.envres.2019.05.048
8. Sagar S., Adam S.M. Comparison of radiofrequency electromagnetic field exposure levels in different everyday microenvironments in an international context. *Environment International*. 2018;114(May):297–306. DOI: 10.1016/j.envint.2018.02.036

FEFU: SCHOOL of ENGINEERING BULLETIN. 2021. N 3/48

Ecological Safety of Construction and Municipal Economy

www.dvfu.ru/en/vestnikis

DOI: <https://doi.org/10.24866/2227-6858/2021-3-14>

Statsenko L., Bakhvalova A., Zhmakina I.

LUBOV STATSENKO, Doctor of Physic and Mathematical Sciences, Professor,
ResearcherID: F-8862-2014, ORCID: 0000-0001-7498-9534, ScopusID: 6507661729,
lu-sta@mail.ru

ANNA BAKHVALOVA, Senior Lecturer (Corresponding Author), _anetta@mail.ru

IRINA ZHMAKINA, MS-Student, zhmakina.id@students.dvfu.ru

Polytechnical Institute, *Far Eastern Federal University*

Vladivostok, Russia

Electromagnetic background on the FEFU campus on the Russky Island: instrumental measurements

Abstract: The proximity of electromagnetic field sources to residential buildings forms an electromagnetic load on the population. In large cities, the total power of the electromagnetic field of subscriber terminals and base stations of cellular communication exceeds the power of all other radio-engineering facilities. The problem of electromagnetic pollution is aggravated by the complex interaction of the electromagnetic field with objects of the urban environment, multidirectional antennas and vertical field variability. The paper presents the results of instrumental measurements of the levels of the electromagnetic field. The necessity of combining calculation methods and direct measurements within the framework of social and hygienic monitoring is substantiated. Alternative options for the placement of transmitting equipment are proposed.

Keywords: electromagnetic ecology, electromagnetic field, base station, control of electromagnetic radiation
Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflicts of interests.

REFERENCES

1. Grachev N.N., Safonov S.N. Electromagnetic radiation of base stations of cellular radio communication as a factor of hazardous effects on a person. Actual problems and prospects for the development of radiotechnical and infocommunication systems: III Int. scientific and practical conf. Part 2. M., Moscow Technologist. Univ., 2017, p. 240–250.
2. Grigoriev Yu.G. From electromagnetic smog to electromagnetic chaos. On the assessment of the danger of mobile communications for public health. Medical Radiology and Radiation Safety. 2018;63(3):28–33. URL: http://www.emf-net.ru/file/article_Grigoriev.pdf –24.06.2021.
3. Spodobaev Yu.M., Kubanov V.P. Fundamentals of Electromagnetic Ecology. M., Radio and communication, 2000, 240 p. URL: <https://studylib.ru/doc/2529863/spodobaev-yu.-m.-kubanov-v.-p.-osnovy-e-lektromagnitnoj>– 24.06.2021.
4. Aerts S., Joseph W. Maslanyj M. et al. Prediction of RF-EMF exposure levels in large outdoor areas through car-mounted measurements on the enveloping roads. Environment International. 2016;94(September):482–488. DOI: 10.1016/j.envint.2016.06.006
5. Bolte J.F.B., Maslanyj M. Do car-mounted mobile measurements used for radio-frequency spectrum regulation have an application for exposure assessments in epidemiological studies. Environment International. 2016;86(January):75–83. DOI: 10.1016/j.envint.2015.09.024
6. Estenberg J., Augustsson T. Extensive frequency selective measurements of radiofrequency fields in outdoor environments performed with a novel mobile monitoring system. Bioelectromagnetics. 2014;35:227–230. DOI: 10.1002/bem.21830
7. Hamed J., Marloes E. Public exposure to radiofrequency electromagnetic fields in everyday microenvironments: An updated systematic review for Europe. Environmental Research. 2019;176(September):108517. DOI: 10.1016/j.envres.2019.05.048
8. Sagar S., Adam S.M. Comparison of radiofrequency electromagnetic field exposure levels in different everyday microenvironments in an international context. Environment International. 2018;114(May):297–306. DOI: 10.1016/j.envint.2018.02.036