

# **Зарубежный опыт контроля электромагнитных полей базовых станций на открытой территории**

**Калинина Н.И.**

**Ст. научный сотрудник**

**Отделения изучения ЭМИ**

**ФБУН «Северо-Западный научный центр  
гигиены и общественного здоровья»**

# Нормирование электромагнитного поля радиочастот в различных странах

В системе мероприятий по решению задач защиты населения от неблагоприятного воздействия электромагнитных полей (ЭМП) значительная роль принадлежит гигиеническим нормативам в России и регламентам за рубежом.

Страны, вводящие обязательные ограничения для ЭМП РЧ, делают это различными юридическими способами, что определяется национальной системой законодательства: законами (Российская Федерация, Италия, Израиль), распоряжениями правительства (Китай, Индия, Франция, Болгария, США, Канада).

# Нормирование электромагнитного поля радиочастот в различных странах

При нормировании фактора страны используют результаты собственных исследований, нормы других стран, ограничения воздействия ЭМП, рекомендуемые Международной комиссией по защите от неионизирующих излучений (ICNIRP). Национальные стандарты по электромагнитному фактору могут сильно различаться по уровням, подходам к оценке воздействия и др.

# Международная практика обеспечения электромагнитной безопасности (Geneva: WHO Press 2007)

Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) предложила для стран четыре универсальные схемы ведения политики ограничения облучения электромагнитным полем:

- разумное уклонение;
- пассивная регламентация;
- предотвращение загрязнения;
- установление предельно допустимых уровней.

# Международная практика обеспечения электромагнитной безопасности (Geneva: WHO Press 2007)

- Разумное уклонение включает в себя меры, направленные на снижение воздействия путём реконструкции и пересмотра условий использования источников ЭМП (например, установка новых источников вдали от школ и детских садов).
- Пассивное регулирование переносит ответственность по снижению уровня воздействия фактора на само население посредством информирования, но не принятия фактических защитных мер.
- Предотвращение загрязнения предусматривает снижение воздействия ЭМП до максимально возможного уровня.
- Политика установления ПДУ ЭМП предусматривает принятие обязательных, научно обоснованных и контролируемых лимитирующих значений электромагнитного поля.

# Международная практика обеспечения электромагнитной безопасности

Три страны имели национальные программы исследований медико-биологических эффектов электромагнитного поля, послуживших основой для разработки нормативов – Россия (СССР), США, Китай.

Эти страны использовали различный подход к определению предельных норм ЭМП, отнеся их к разным отраслям регуляции: Россия – здравоохранение, США – телекоммуникации, Китай – окружающая среда (до 2015 – здравоохранение).

Россия и США устанавливают предельные уровни, которые контролируются по-разному: Россия – обязательный государственный контроль, США – добровольная декларация соблюдения требований и судебное решение в случае выявленного нарушения/ущерба.

Стандарт Китая устанавливает предельный уровень, контролируется государственным агентством окружающей среды, но при этом владельцам оборудования рекомендуется следовать принципу предосторожности и принимать эффективные меры для уменьшения воздействия ЭМП на людей.

# Информационная база исследования

Использованы информационные ресурсы: ELIBRARY.RU, PubMed Central (PMC), интернет-платформа EMF-Portal RWTH Aachen University, EMR Safet, Academia Publishing, Bentham Open и др.

Выполнен анализ статей в иностранных журналах за период 2016-2021 гг. Материалы из Испании, Турции, Бельгии, Польши, Нидерланды, Австралии, Швеции, Швейцарии.

# Контроль уровней ЭМП в РФ

В России контроль уровней ЭМП осуществляется путем расчетного прогнозирования в окружающей среде на этапе проектирования размещения БС и измерениями в соответствии с МУК 4.3.1677-03 «Определение уровней электромагнитного поля, создаваемого излучающими техническими средствами телевидения, ЧМ вещания и базовых станций сухопутной подвижной радиосвязи». Регистрация проводится широкополосными и селективными средствами измерения ЭМП, внесенными в Госреестр средств измерения. В процессе измерений проверяются данные о значениях ППЭ ЭМП, полученные при расчетном прогнозировании для определения санитарно-защитной зоны (СЗЗ) и зоны ограничения (ЗО) при размещении БС.

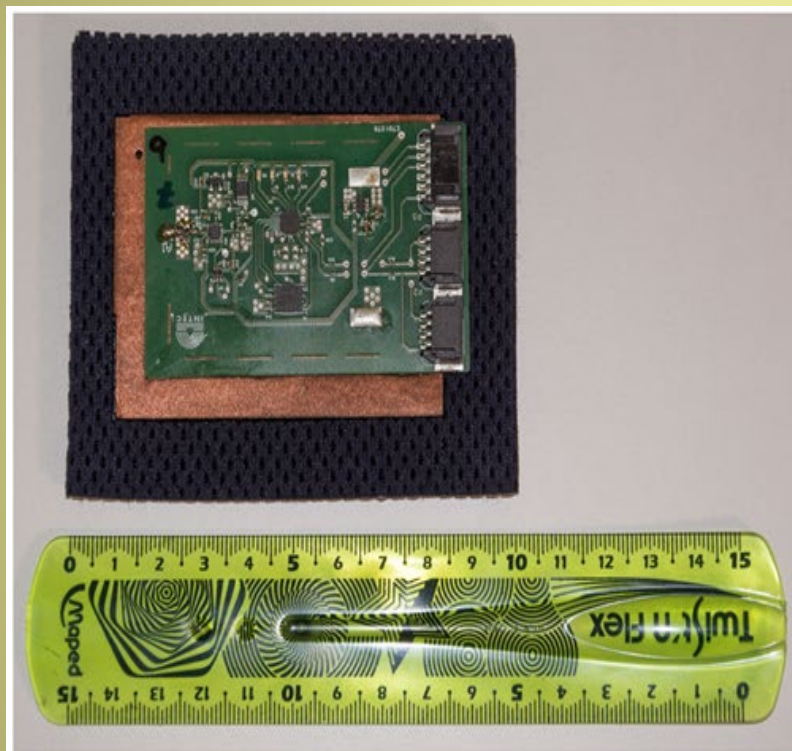


# Дозиметрические исследования

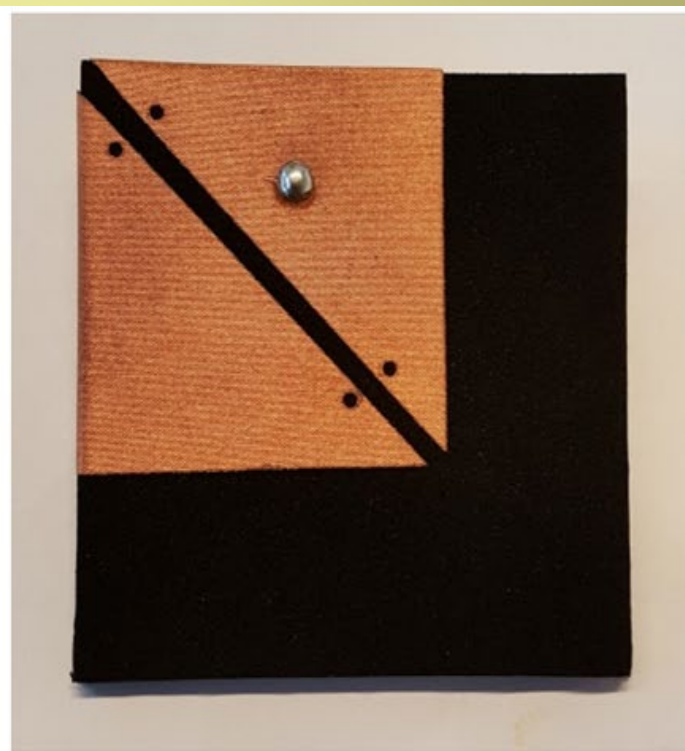
Исследователи выделяют два основных типа индивидуальных дозиметрических исследований воздействия ЭМП РЧ диапазона:

- опросные исследования населения, использующего мобильные устройства;
- измерения в окружающей среде.

# Индивидуальный экспозиметр BDWM (Aminzadeh R., 2018)

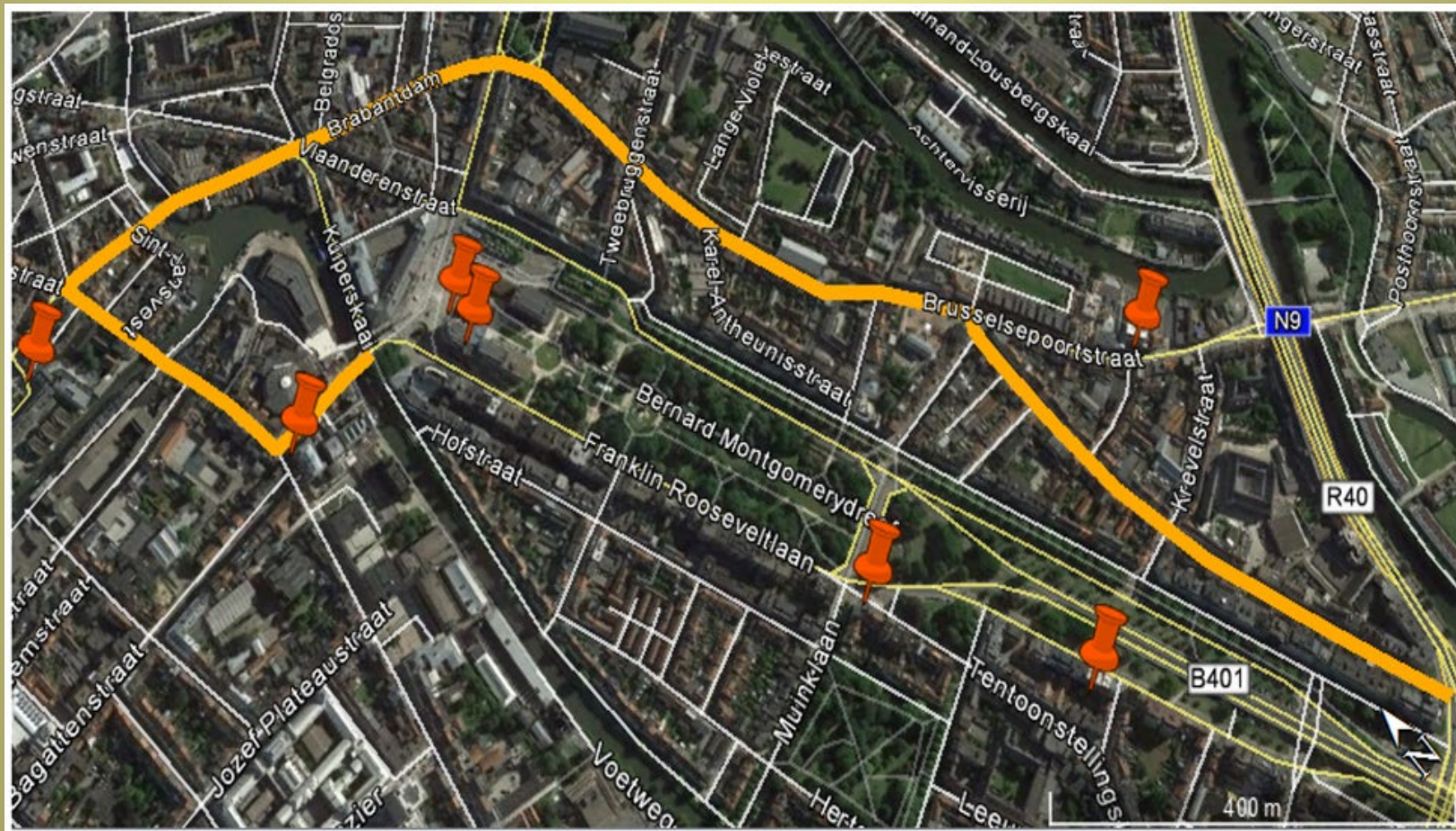


(a)



(b)

# Индивидуальный экспозиметр BDWM



# Примеры индивидуальных экспозиметров

Проводились измерения ЭМП с помощью многополосного экспозиметра (BWDM) и двух персональных экспозиметров (ExpoM-RF и EmeSpy 200). BWDM измерял удельную мощность в 10 диапазонах (от 800 до 2600 МГц; с отдельными полосами восходящей/нисходящей линии связи для 900, 1800 и 2100 МГц); с использованием 20 отдельных антенн, встроенных в жилет и размещенных в диаметрально противоположных местах на теле, чтобы свести к минимуму экранирование тела. Данные о воздействии РЧ-ЭМП были собраны в торговых районах, на вокзалах, в сельской/городской жилой зоне на открытом воздухе, при ходьбе по заранее определенным районам/маршрутам в Бельгии, Испании, Франции, Нидерландах и Швейцарии. Измерения проводились каждые 4 с параллельно тремя экспозиметрами. В 267 микросредах измеренное воздействие РЧ-ЭМП в среднем составило 0,13 (0,05-0,33) мВт/м<sup>2</sup>. (Huss A и соавт. 2021 г.)

# Примеры использования индивидуальных экспозиметров

В Австралии и Бельгии проводились исследования с целью оценки индивидуального облучения от различных источников ЭМП на открытой территории в разных микроокружениях с помощью двух калиброванных экспозиметров, размещаемых на теле человека. Волонтеры участвовали в калибровке экспозиметра в безэховой камере и собирали данные об облучении в 38 микроокружениях (по 19 в каждой стране), расположенных в городских, пригородных и сельских районах. Тремя самыми высокими уровнями воздействия были: центр города (4,33 В/м), жилой район (город) (0,75 В/м) и парк (0,75 В/м) (Австралия); трамвайная остановка (1,95 В/м), центр города (0,95 В/м) и парк (0,90 В/м) (Бельгия). (Velghe M, 2019 г.).

# Примеры использования индивидуальных экспозиметров

В Испании исследовалось воздействие ЭМП участниками эксперимента (75 чел.) при помощи экспозиметра Satimo EME SPY 140 с регистрацией каждые 10 с в течение 24 час. от базовых станций стандартов GSM, DCS и UMTS. После участия в исследовании добровольцы заполняли анкету о восприятии риска ЭМП. Проанализировано воздействие ЭМП в доме, на улице, на работе и т.д., а также в различные дни недели и время суток. Вывод: индивидуальное воздействие РЧ-ЭМП значительно ниже пределов, рекомендованных ICNIRP и демонстрирует широкую временную и пространственную изменчивость. (Ramirez-Vazquez R., 2019).

# Примеры использования индивидуальных экспозиметров

В Швейцарии, Эфиопии, Непале, Австралии использовались портативные измерительные приборы для оценки воздействия ЭМП в 94 микросредах и в 18 средствах общественного транспорта. Измерения проводились при ходьбе человека с рюкзаком и установкой приборов на высоте головы и на расстоянии 20-30 см от тела, либо при вождении автомобиля с устройствами на его крыше, на высоте 170-180 см от уровня земли. Измерения проводились в течение 30 мин при ходьбе и 15-20 мин при вождении автомобиля с частотой 1 раз каждые 4 с или 5 с. Уровни ЭМП от 0,23 В/м до 1,85 В/м (Sagar S. и соавт., 2018 г.).

# Примеры использования индивидуальных экспозиметров

В литературном обзоре швейцарских исследователей (работы в период с 01.01.2000 г. по 30.04.2015 г.) анализируются результаты различных методик индивидуальной оценки воздействия на население уровней ЭМП РЧ в повседневной среде в европейских странах. Только 21 опубликованное исследование, по мнению авторов, отвечало критериям приемлемости. Средневзвешенное суммарное воздействие RF-EMF на открытой территории составило от 0,20 В/м до 0,76 В/м. Самые высокие уровни ЭМП РЧ 1,96 В/м были обнаружены в поездах Бельгии. Установлены значительные различия между исследованиями по типу процедур измерений, что исключает межгосударственное сравнение результатов (Sagar S. и соавт., 2018 г.)



# Примеры использования индивидуальных экспозиметров

50 пар «дети-взрослые», живущих в Сеуле, Чхонане и Ульсане носили портативные экспозиметры, работающие в диапазоне от 87,5 до 5875 МГц в течение 48 час и вели дневник временной активности, используя приложение для смартфона. Определялось среднеарифметическое значение ППЭ и вклад каждой полосы частот в общее воздействие ЭМП от базовых станций, Wi-Fi, FM-радио, телевидения. Среди трех регионов общее воздействие ЭМП было самым высоким в Сеуле. Более высокие уровни ЭМП регистрировались в метро по сравнению с ходьбой пешком, ездой на велосипеде, автобусе, автомобиле и на открытой территории. Вывод - вклад воздействия базовой станции в общее влияние ЭМП был самым высоким как у родителей, так и у детей (Choi J. и соавт., 2018).

# Примеры использования индивидуальных экспозиметров

Предлагается протокол исследования с оценкой индивидуального воздействия ЭМП РЧ, адаптированного к технологиям 5G, включающий оценку воздействия как собственно мобильного телефона, так и базовых станций сетей. Предложена комбинация 2-х устройств: персональный экспозиметр мм диапазона (mm-PEM) и мобильное устройство, подключенное к сети 5G. На основе измеренной плотности мощности, данных GPS и датчиков движения группируются различные виды деятельности и оценивается воздействие ЭМП. Участник эксперимента выполняет измерения в определенных микроокружениях. (Maarten Velghe и соавт., 2021 г.)

# Выводы от применения индивидуальных экспозиметров

1. Практически все авторы отмечают высокую неопределенность (погрешность) измерений. До конца не ясно, как сравнивать разные устройства в реальной среде, где имеются сложные сочетания сигналов со всех направлений.
2. Обращено внимание на то, что в 10 из 13 откалиброванных частотных диапазонов измерительные устройства занижали интенсивность падающих РЧ ЭМП до 68%.

# Выводы от применения индивидуальных экспозиметров

3. На портативные устройства для измерения радиочастотных ЭМП влияют помехи: например, сигналы, возникающие в одной полосе частот, непреднамеренно регистрируются в другой, особенно это касается частотных диапазонов, расположенных близко друг к другу, таких как нисходящая линия связи GSM 1800 (1805–1880 МГц), DECT (1880–1900 МГц), восходящая линия UMTS (1920–1980 МГц).

# Выводы по применению индивидуальных экспозиметров

4. Предлагается проводить тестирование различных типов экспозиметров путем опросов о воздействии ЭМП на человека.

Эпидемиологические исследования выявляют потенциально слабые корреляции между измеренными уровнями и последствиями для здоровья.

Требуется разработка протокола измерений с указанием о том, как носить экспозиметр, обоснование размера выборки и продолжительности измерения.

# Выводы от применения индивидуальных экспозиметров

5. Изучаются не только результаты исследований воздействия ЭМП, полученные при помощи персональных экспозиметров, но и влияние человеческого тела на результаты измерений в зависимости от места размещения экспозиметра. Предполагается, что расхождения в результатах измерений с помощью экспозиметра, носимого на теле, могут быть компенсированы с помощью поправочного коэффициента, применяемого к результатам измерений.

# Мобильная измерительная система

Мобильная измерительная система RFeue, установленная на автомобиле для мониторинга ЭМП радиочастотного спектра и для оценки воздействия мобильной связи нисходящей линии в полосах частот GSM900 и GSM1800 на открытой территории большой площади. Авторы считают, что система позволяет провести геопространственное моделирование, картирование территорий. (Нидерланды, Великобритания) (Volte J.F. и соавт., 2016 г.).

# Мобильная измерительная система

Картирование воздействия радиочастотных электромагнитных полей стандарта GSM1800 в коммерческих, городских и сельских жилых районах с использованием автомобиля. Это исследование позволило выполнить оценку пространственно-временной картины радиочастотных воздействий на территории и идентифицировать источники, создающие уровни ЭМП, превышающие ПДУ (Китай) (Zhu G. и соавт., 2017 г.).



# Инструментальные измерения

1. Применение широкополосного изотропного зонда в диапазоне от 100 кГц до 3 ГГц. Измеренные значения находились в диапазоне от 0,02 до 2,05 В/м. (Испания) (Sánchez-Montero R. и соавт. 2017 г.).

2. Измерительная система из высокоточного портативного анализатора спектра, трехосной антенны электрического поля, соединительного кабеля и ноутбука в качестве регистратора измерений. Было установлено, что значения напряженности электрического поля составляли от 5,81 до 7,18 В/м. (Турция). (Cansiz M. И соавт., 2018 г.).

# Инструментальные измерения

3. Польша. Измерения напряженности электрического ВЧ поля и ППЭ РЧ ЭМП (широкополосные и частотно-избирательные средства измерения) на крыше зданий и на земле в жилом районе. Значения ППЭ ЭМП на земле на расстояниях 50, 100, 200, 300, 400 и 500 м от базовой станции составили от 0,002 до 0,05 мкВт/см<sup>2</sup> (Buskus R. и соавт., 2017 г.)

# Инструментальные измерения

4. Гана. Были проведены исследования по количественной оценке потенциальных уровней облучения от ряда источников ЭМП РЧ в 200 местах общего доступа. Широкополосные измерения проводились с помощью анализатора спектра и логопериодической антенны с использованием метода трехточечного пространственного усреднения. Результаты варьировались от 0,85 до 1,07 мВт/см и от 0,78 до 1,19 мВт/см для частот передачи 900 и 1800 МГц соответственно. (Deatanyah P. и соавт., 2018 г.).

# Инструментальные измерения

5. Бельгия. С использованием нескольких антенн, размещенных на дроне, можно выполнять измерения ЭМП РЧ и получать трехмерные модели воздействия, в том числе в труднодоступных местах. Измерения на открытом воздухе выполнялись на высоте до 60 м от базовой станции стандарта GSM 900 МГц. (Joseph W. и соавт., 2016 г.).

# Инструментальные измерения

6. В Греции с 2015 г. действует национальная обсерватория электромагнитных полей - сеть мониторинга из 500 стационарных (480 широкополосных и 20 частотно-избирательных) и 13 мобильных измерительных станций по всей стране. Измерительные станции непрерывно контролируют уровни электромагнитного поля от всех видов антенных станций в частотном диапазоне 100кГц-7ГГц. Результаты измерений показали, что все значения были значительно ниже эталонных уровней воздействия на население, определенных греческим законодательством. (Karastergios I. и соавт., 2020 г.)

# Инструментальные измерения

7. Измерения в 5 кварталах города Террасса (Испания) проводились с помощью измерителя ЭМП Wavescontrol SMP2 и широкополосного изотропного датчика WPF18 для оценки электромагнитной обстановки и всех основных потенциальных источников ЭМП РЧ. Зонд имеет широкополосный диапазон частот от 300 кГц до 18 ГГц с диапазоном измерений от 0,5 В/м до 250 В/м. На большей части исследуемой территории величина электрического поля ниже 0,5 В/м. Максимальное значение ЭМП составило 4,28 В/м.

Нормативное значение электрического поля для населения составляет 28 В/м. (Fernández-García R., 2017 г.)

# Измеритель электромагнитного поля Wavescontrol SMP2 и широкополосный изотропный датчик WPF18



# Инструментальные измерения

Рассматривается возможность применения широкополосных и селективных приборов для измерения ЭМП базовых станций пятого поколения. Новым в сети 5G является использование массивного, интерактивного и гибкого формирования луча антенной. В настоящее время не существует метода, позволяющего экстраполировать измеренные данные на максимальное воздействие. Передаваемая мощность базовой станции 5G сильно зависит от текущей нагрузки трафика и поведения пользователя. На практике это означает, что текущее значение ЭМП, измеренное в течение определенного времени наблюдения, может быть намного ниже теоретического максимального воздействия. (Keller H. 2019 г.).



# Инструментальные измерения на территории детских учреждений

Выполнены измерения уровней электромагнитных полей на территории детских, общеобразовательных учреждений, расположенных вблизи базовых станций в Добричском районе (Болгария). Проведено 100 измерений на территории детских и спортивных площадок. Наименьшее измеренное значение составило  $<0,1$  мкВт/см<sup>2</sup>, наибольшее –  $1,7$  мкВт/см<sup>2</sup> при предельно допустимом уровне  $10$  мкВт/см<sup>2</sup>. Сделан вывод о необходимости постоянного мониторинга для создания базы данных динамического электромагнитного фона с возможностью отслеживать его изменения во времени. (Войнова Н., 2021 г.).

# Инструментальные измерения на территории детских учреждений

В Мельбурне (Австралия) проводилось исследование по оценке воздействия радиочастотного электромагнитного поля (RF-EMF) на окружающую среду и детей 20 детских садов. Статистические данные о воздействии RF-EMF были рассчитаны для 16 полос в диапазоне частот от 88 МГц до 5,8 ГГц. В состав 16 полос входили нисходящие линии системы мобильной связи GSM900 МГц, GSM1800 МГц и UMTS2100 МГц. Интенсивность излучения составляла 82 мВ/м, 20 мВ/м, 51 мВ/м соответственно. Измерения показали, что уровни воздействия радиочастотного ЭМП на открытой территории были выше, чем в зданиях детских садов. (Bhatt CR, 2017 г.).

# Инструментальные измерения на территории учебных учреждений

На территории кампуса Университета Нови-Сад (Сербия) проводились исследования электромагнитной обстановки. Самые высокие значения напряженности поля были получены в местах прямого воздействия в азимутах излучения антенн базовой станции, все полученные значения были в пять раз ниже минимальных уровней, установленных сербским законодательством. Исследователи обращают внимание на то, что следует планировать проведение мониторинга с учетом ожидаемой установки в кампусе университета новых источников ЭМП. (Kljajic D, Djuric N., 2020 г.).

**Благодарю за внимание!**