

Динамика на електромагнитния фон в диапазона 200 MHz – 2000 MHz в силно урбанизирана среда

Д. Теодосиев¹, Б. Сребров², Т. Андреева¹, Г. Мардиросян¹, Л. Филчев¹

¹ Институт за космически изследвания и технологии - Българска академия на науките

² Национален институт по геофизика, геодезия и география - Българска академия на науките

Electromagnetic background dynamics in the range 200 MHz – and 2000 MHz in strongly urbanized environment

D. Teodosiev¹, T. Andreeva¹, B. Srebrov², G. Mardirossian¹, L. Filchev¹

¹Space Research and Technology Institute – Bulgarian academy of Sciences

²National Institute of Geophysics, Geodesy and Geography – Bulgarian academy of Sciences

Key words Environment, health, monitoring, electromagnetic pollution, urban areas, telecommunications, exposure.

The problem of the complex monitoring of electromagnetic pollution on the territory of populated areas is becoming increasingly topical with the development of mobile communications. This paper presents the methods for obtaining regular and accurate information about the changes occurring in electromagnetic emissions and the possibility for express analysis and evaluation of the level of ionizing currents in urban environment. A diagram for monitoring of electromagnetic field (EMF) distribution, use of mobile measurement equipment, and data processing and visualization software is proposed and discussed. The results from conducted time-restricted measurements on the territory of the cities of Sofia and Bourgas are analyzed. The presented results and the observed dynamic changes are analyzed as a function of local time, distance from the base stations, data transfer traffic load, and surrounding space characteristics. EMF intensity tendencies are established, which are assessed and discussed from the viewpoint of applicable national and European standards. The possible diagrams for continuous monitoring of EMF pollution in urban environment are assessed.

1 Въведение

Рязкото нарастване на нивото на електромагнитните излъчвания в силно урбанизираните територии, особено в последните десетилетия, се дължи на бурното развитие и приложение на радиокомуникационните технологии и свързаното с това неконтролирано увеличаване броя на средствата за мобилни комуникации [1, 2, 5]. Тези процеси оказват силно отражение върху различни аспекти от нашето ежедневие, като се превърнаха в един от най-съществените фактори, характеризиращи околната среда [6, 7, 8, 12]. Електромагнитните лъчения с антропогенен произход, в честотния диапазон от 0 Hz до 300 GHz, над определени нива на интензивност са биологично активни и могат да предизвикат редица вредни последствия за здравето на хората [3, 4]. Поради това са приети пределно допустимите норми за облъчване с нейоноизиращи лъчения, регламентиращи условията за пребиваване на хората в среда с електромагнитни лъчения, приети и публикувани в редица международни и национални закони и наредби [10, 13]. От друга страна, неконтролираното нарастване на електромагнитните излъчвания води до увеличаване на фоновия шум, което от определено ниво

нагоре може да влоши качеството на връзките и дори да направи отделни части от честотния спектър неизползваеми [11, 14, 16].

Проблемът с увеличаването на електромагнитните излъчвания в градска среда и възможните негативни ефекти върху човешкото здраве и качеството на работа на комуникационните съоръжения са обект на многобройни и многостранни изследвания на учени от цял свят [3, 15, 17, 18]. Една от първите стъпки при изучаване и търсене начини за решаване на възникващите проблеми е продължителният мониторинг на разпределението, характеристиките и влиянието върху интензитета на електромагнитните излъчвания на различни фактори на околната среда, както и техническите параметри на източниците на нейонизиращи лъчения. За извършване на системни изследвания в тази насока е необходимо изграждането на база данни, съдържаща информация за нивата, разпределението и характеристиките на наличните източници на лъчения, привързани към географска информационна система [9]. Това предполага провеждането на непрекъснат мониторинг на електромагнитните излъчвания в широк честотен диапазон от 0 Hz до 40 GHz, където са съсредоточени основните източници на електромагнитни полета, създавани от различни телекомуникационни съоръжения, транспортни средства, електропреносна мрежа, медицинска апаратура, битова техника и др.

В настоящето изследване е разгледан въпросът за динамиката на електромагнитните излъчвания в честотния диапазон от 200 MHz до 2000 MHz. Акцентирано е върху проследяване на денонощните изменения в интензитетите и честотите на електромагнитни (ЕМ) излъчвания в избрани пунктове на територията на София и Бургас. Измерванията са проведени в райони, характеризиращи се с различна концентрация на източници на ЕМ лъчения, от телевизионни и радиопредаватели, базови станции на мобилните оператори и др. Обследвани са характерни точки в централната част на столицата, а също и в жилищни комплекси и обществени сгради като училища и детски градини в София и Бургас.

2 Методика и апаратура за измерване на електромагнитното замърсяване

Методиката за измерванията е описана по-долу за всеки конкретен случай на измерване.

Апаратура: Измерванията на територията на гр. София бяха проведени с мобилна апаратура "SPECTRAN", производство на немската фирма AARONIA AG. Комплектът включва прибор "SPECTRAN HF 6060", измерващ в диапазона 1 MHz до 7 GHz, като е използвана антена тип HyperLOG 6080. Използван е специализиран софтуер на фирмата производител, позволяващ обработка, визуализация и съхраняване в различни формати на данни от измерванията, както и провеждане на последващ спектрален анализ. Това позволява не само да бъдат охарактеризирани отделни обекти, излъчващи електромагнитни вълни, но и да бъде измервана плътността на излъчваната мощност от един или повече едновременно работещи предаватели. Точността на измерване с прибора "SPECTRAN HF 6060" е ± 3 dB.

Резултатите от измерванията на територията на гр. Бургас са получени с използването на автономна станция NARDA AMB 8057-03 за електромагнитен мониторинг на околната среда в честотния диапазон от 0 Hz до 7 GHz. Станцията притежава специализиран софтуер за съхранение, визуализация и обработка на данните, както и слънчев панел за осигуряване електрозахранване при работа в автономен режим. Това позволява осъществяването на непрекъснат мониторинг на електромагнитните лъчения в избрана точка от дадена територия, като има възможност да се задават предварително определени честотни интервали на измерване в диапазона от 0 Hz до 7 GHz. Станцията измерва в три поддиапазона: от 100 kHz до 3 GHz; от 100 kHz до 800 MHz, и от 800 MHz до 3 GHz. Данните от измерванията се записват в цифров вид и може да се представят графично, като изменение във времето на пиковите и усреднените им стойности за всеки един от честотните поддиапазони. Това позволява да се съпоставят нивата на електромагнитното замърсяване за дадения пункт в зависимост от видовете източници на електромагнитно излъчване, както и да се проследява тяхната динамика във времето. На графиките е отбелязано и пределно допустимото ниво на електромагнитно замърсяване за диапазона 100 kHz до 300 GHz, което за България е 6V/m.

Апаратурата NARDA AMB 8057-03 е собственост на община Бургас и използваните от нас резултати при анализа са публикувани на сайта на община Бургас

(<http://www.burgas.bg/bg/info/index/439>) [21], където е представена и наша концепция за система за мониторинг на електромагнитното замърсяване на територията на гр. Бургас "Мониторинг на електромагнитни полета (ЕМП) в населени места. Необходимост или лукс? Ползи за обществото".

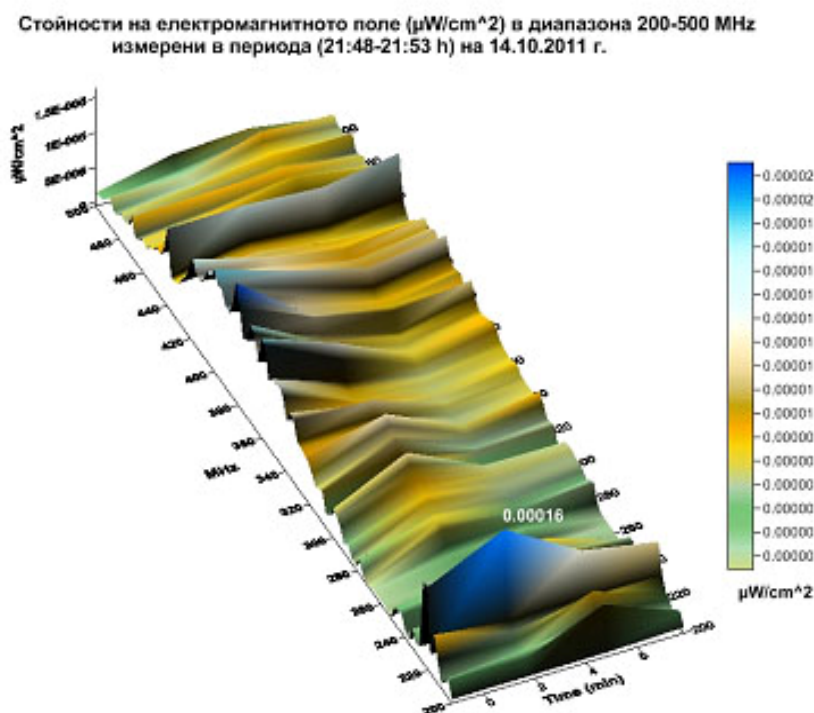
3 Резултати от измервания на електромагнитните излъчвания на територията на гр. София и гр. Бургас

Измервания в жилищни райони на София - ж.к. Гоце Делчев

На 14.10.2011 г. в интервала от 20:05 ч. до 09:40 ч. на 15.10.2011 г. бяха проведени измервания с комплект преносима специализирана апаратура "SPECTRAN HF 6060" в частен апартамент в ж.к. "Г. Делчев". Измерванията бяха проведени в честотния диапазон от 200 MHz до 550 MHz, за да се определят предварително основните източници на електромагнитно излъчване и техните централни честоти. Този диапазон обхваща честотите на служебни предаватели и телевизионни канали. Данните от отделните интервали на измерване са записвани в цифров вид директно на преносим компютър, свързан с прибора. Приборът беше настроен да прави запис на данните от измерванията на всеки 5 s. Данните за всяко измерване са в dBm, привързани са към времето, дадена е честотата в MHz за всяко измерване и отделно са регистрирани максимумите на излъчването за различните наблюдавани честоти. Съхранени са в цифрови файлове и са обединени с допълнителна съпътстваща информация, записи на спектрограмите в графичен вид за всеки интервал на измерване. С помощта на инструкцията за работа на приборите е извършено превръщане на стойностите на измерваните величини от dBm в $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ с цел директно сравнение с пределно допустимите норми съгласно Български Държавен Стандарт (БДС) [19, 20] и други международни и национални стандарти.

Според БДС се измерват следните параметри на ЕМ излъчвания, според честотните диапазони:

- в диапазона от 0 Hz до 300 MHz:
 - силата на електричното поле E [V/m];
 - плътност на магнитния поток H [A/m] за диапазона 60 kHz до 300 MHz;
 - погълната доза енергия $W_E = E^2 \cdot T$ [(V²/m²).h] и $W_H = H^2 \cdot T$ [(A²/m²).h].
- в диапазона от 300 MHz до 300 GHz:
 - плътност на мощността S [W/m²];
 - доза енергия $W_S = S \cdot T$ [(W/m²).h].



Фиг. 1. Резултати от измерванията в обект 1 ж.к “Г. Делчев” в диапазона 200 – 550 MHz

Данните от измерванията с прибора “SPECTRAN HF 6060” в .ldt файлов формат са импортирани и конвертирани в Microsoft Office Excel в .csv и .xls файлов формат с цел последваща обработка в Surfer. Поради естеството на подреждането на данните в Surfer, както и поради ограничения в размерите на файловете, са отделени няколко кратки и характерни времеви интервала от целия период на наблюдение с прибора. Използвана е 3D визуализация в ортогографска проекция с наклон 40° и завъртане на 25°. Използвана е Radial Basis Function (RBF) с цел интерполация и оглаждане на повърхността, както и релефно оцветяване с цел по-контрастно представяне на резултатите.

Показаните на фиг. 1 резултати илюстрират поведението на интензивността на ЕМ излъчвания в изследвания диапазон за един малък период от 5 минути от целия интервал от почти 14 часовите измервания през нощта на 14-ти срещу 15-ти октомври 2011 г. Но и в целия времеви интервал, поведението на интензивността на ЕМ излъчвания бе подобен и представяше една спокойна картина без резки промени на интензивността при отделните честоти. Наблюдава се едно увеличение за честотите от 380 MHz до 460 MHz и около 230 MHz. Това е свързано с работата на определени предаватели в околността на точката на измерване, като тяхната излъчвана мощност силно намалява в интервала след полунощ.

Анализът на максималните измерени стойности на 14.10.2011 г. в интервала от 20:05 до 09:40 ч. на 15.10.2011 г. в жилищна сграда в ж.к. “Г. Делчев” в честотния диапазон от 200 до 550 MHz, показва стойности под пределно допустимата норма от $10 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ за плътността на мощността на електромагнитното излъчване, съгласно БДС и Наредба 9/1991 [19, 20].

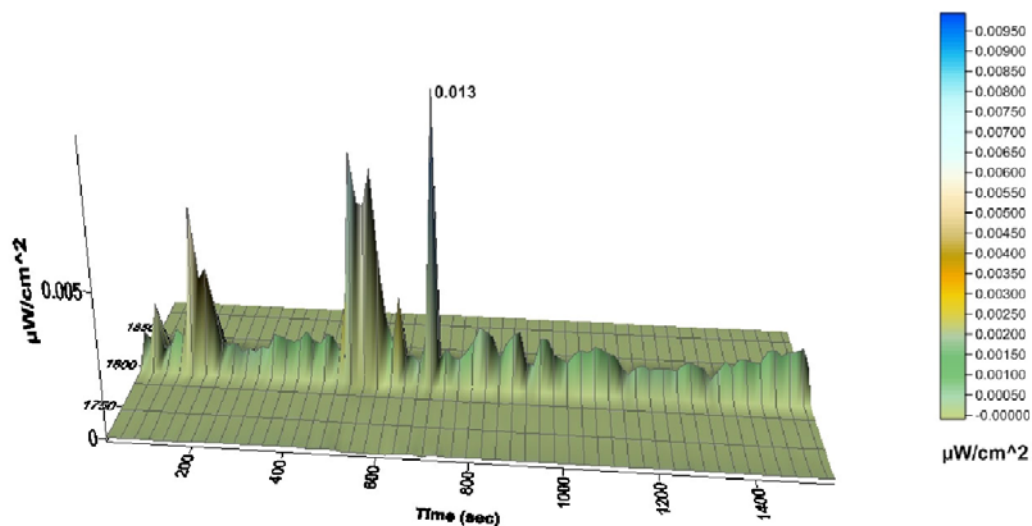
Измервания в централната част на гр. София - площад "Гарибалди"

На 07.03.2012 г. в интервала от 10:00 до 18:00 часа бяха проведени измервания с комплект преносима специализирана апаратура "SPECTRAN HF 6060" в помещение от офис, намиращ се на площад "Гарибалди" 4. На външната фасада на сградата, в непосредствена близост до балкона, на разстояние по-малко от 3 m по права линия от работното място, е монтирана антена на базова станция на един от мобилните оператори, тип "Kathrein 739490", с носеща честота около 1800 MHz и изходна мощност $\leq 9,96$ W.

За охарактеризиране на обстановката по отношение на облъчване от ЕМ излъчвания на работещите в офиса, в който служителите пребивават не по-малко от осем часа на ден, дължащо се на работата на базова станция тип "Kathrein 739490" на един от мобилните оператори, проведохме измервания в една точка, отстояща на по-малко от 3 m от горния край на антената, в непосредствена близост до бюрото на ръководителя на офиса. Първоначално бе планирано измерванията да са през целия работен ден от 10:00 до 18:00 ч., като данните автоматично се натрупват и записват в преносимия компютър, свързан с прибора. Поради големия обем информация от измерванията, записът в компютъра е прекъснат автоматично в 10:30 ч. Така бяха реализирани измервания освен в интервала 10:05–10:30 ч. преди обяд и в още два отрязъка от време в края на работния ден – от 16:20 до 17:45 ч. Това даде възможност да се проследи частично динамиката на електромагнитното излъчване от антената в началото на работния ден, характеризиращ се със силен трафик на мобилните комуникации, и в края на деня, когато трафикът намалява. Не успяхме да получим картина за нивото на електромагнитното облъчване около 12:00 ч. на обяд, когато се предполага най-интензивен трафик и съответно най-силно облъчване на пребиваващите в офиса. Трябва да отчитаме и факта, че измервателният пункт се намираше в централната градска част, с концентрация предимно на офиси на фирми и държавни учреждения.

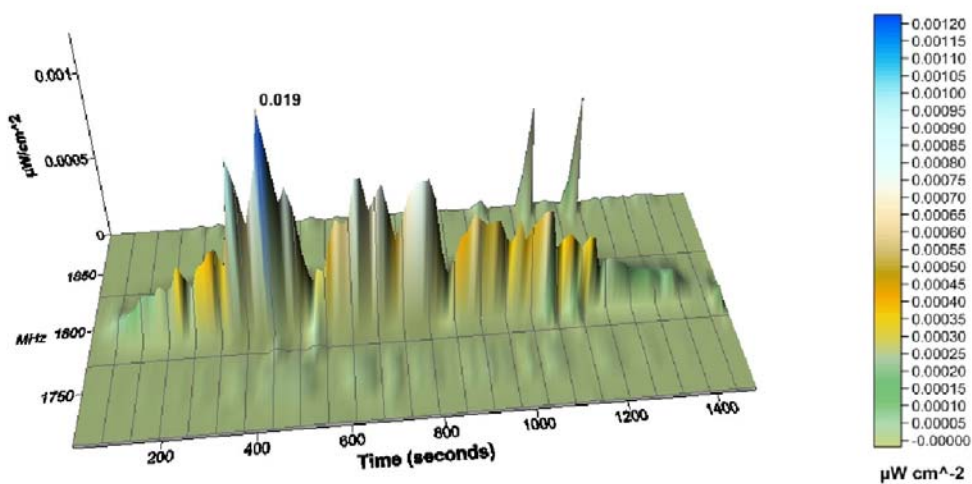
Бяха проведени измервания в честотния диапазон от 700 MHz до 2500 MHz, за да се определят предварително основните източници на електромагнитно излъчване и техните централни честоти. Този диапазон обхваща честотите на всички мобилни оператори. Резултатите показаха най-голяма интензивност на ЕМ излъчвания при честоти от 1710 MHz до 1880 MHz, което е свързано с работата на монтираната в непосредствена близост излъчваща антена тип "Kathrein 739490" на базовата станция. Данните от отделните интервали на измерване, бяха записвани в цифров вид директно на преносим компютър, свързан с прибора. Обработката и визуализацията на данните, представени на фиг. 2 и фиг. 3, е направена по методиката, описана в предния параграф. На фигури 2 и 3 по-долу са представени стойностите на измерените електромагнитни лъчения в честотния диапазон от 1710 MHz до 1880 MHz. Така определеният честотен диапазон съответства на характеристиките на излъчващата антена на базовата станция тип "Kathrein 739490", работеща в непосредствена близост до точката на измерване. Резултатите от спектралния анализ на данните, представени на тримерните графики на фиг. 2 и фиг. 3, показват измененията в интензивността на електромагнитните излъчвания в диапазона от 1710 MHz до 1880 MHz за два времеви интервала: единият преди обяд от 10:05 до 10:30 ч. и вторият след обяд от 16:38 до 17:03 ч. Максималните регистрираните пикове в ЕМ излъчвания са съответно $0,013 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ и $0,019 \mu\text{W}/\text{cm}^2$. От тримерните спектрограми, представени на фиг. 2 и фиг. 3 се вижда, че нивото на ЕМ излъчвания по усреднените им стойности, за наблюдавания диапазон 1710 MHz до 1880 MHz, следобяд е много по-високо, отколкото за интервала преди обяд. Това може да се приеме, като очаквано и свързано с интензифициране трафика на мобилните връзки в следобедния период, поради включването на повече потребители и увеличаване времето за ползване на мобилните устройства. Известно е, че при такива условия се увеличава излъчваната мощност от предавателната антена на базовата станция, работеща в близост до точката, в която са измерванията.

Стойности на електромагнитното поле ($\mu\text{W cm}^{-2}$) в диапазона 1711-1885 MHz измерени на 07.03.2012 г. в периода (10.05-10.30 h)



Фиг. 2. Резултати от измерванията в централната част на гр. София, пл. Гарибалди, в началото на работния ден, в близост до антена на базова станция тип “Kathrein 739490”.

Стойности на електромагнитното поле ($\mu\text{W cm}^{-2}$) в диапазона 1711-1885 MHz измерени на 07.03.2012 г. в периода (16.38-17.03 h) (sec)

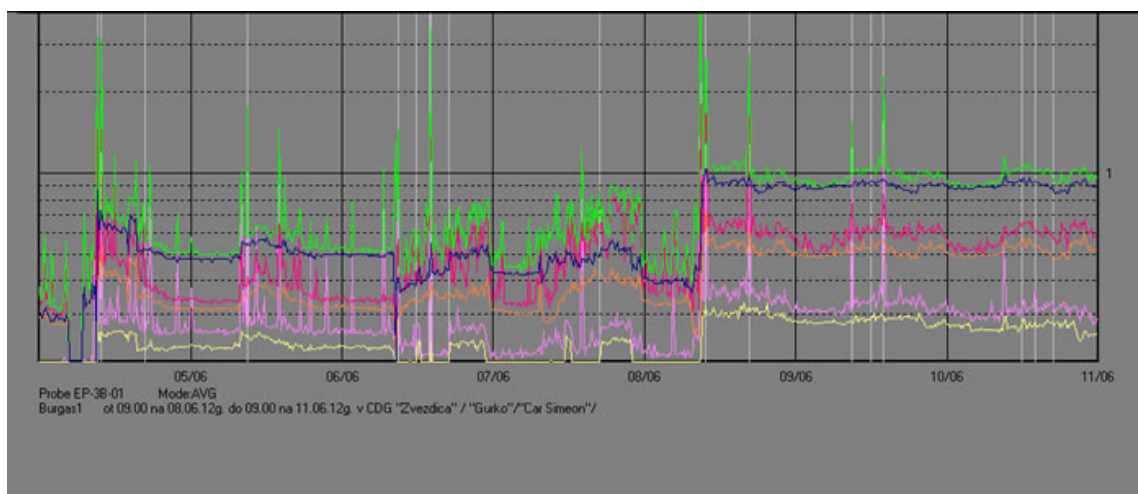


Фиг. 3. Резултати от измерванията в централната част на гр. София, на пл. Гарибалди в края на работния ден, в близост до антена на базова станция тип “Kathrein 739490”.

Анализът на резултатите от измерванията за различните времеви интервали, направени в работно време (10:00–18:00 ч.) на 07.03.2012 г., показват стойности под пределно допустимата норма от $10 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ за плътността на мощността на електромагнитното излъчване в честотния диапазон от 1710 MHz до 1880 MHz, съгласно БДС и Наредба 9/1991 г. [19, 20]. Тези измерени стойности носят информация за интензитета на ЕМ излъчвания в околността на конкретната антена на базовата станция. Но за да се даде оценка за погълнатата доза енергия $WS = S.T [(W/m^2).h]$ от един човек, измерванията на ЕМ излъчване трябва да се направят с изотропна антена в целия честотен диапазон от 300 MHz до 300 GHz.

Измервания на територията на гр. Бургас.

Анализирани са по-подробно два случая на измервания на ЕМ излъчвания в жилищен район на гр. Бургас, а именно Пункт 1 – до бл. 18, в ж.к. “Братя Миладинови” и Пункт 2 – в близост до ЦДГ “Звездица” (“Гурко”) “Цар Симеон”. И в двата случая са проведени непрекъснати 48 часови измервания в периода от 09:00 ч. на 06.06.2012 г. до 09:00 ч. на 08.06.2012 г. (бл. 18, в ж.к. “Братя Миладинови”) и от 09:00 ч. на 08.06.2012 г. до 09:00 ч. на 11.06.2012 г. Касае се за летен период, като са обхванати четири последователни дни, което позволява коректното сравняване на двата случая. В графичен вид резултатите са показани на фиг. 4. Фигурата е представена в черно-бял вариант, като оригиналните резултати, заедно с легендата към нея, може да се намери на сайта на община Бургас [21]. Понеже измерванията са за четири последователни дни от 06.06. до 11.06.2012 г., резултатите представят ситуацията и за двата разглеждани обекти: бл. 18, в ж.к. “Братя Миладинови” и ЦДГ “Звездица”. Измерванията са осъществени с използването на автономна станция NARDA AMB 8057-03.



Фиг. 4. Резултати от измерванията на ЕМИ в диапазона от 100 kHz до 3 GHz, за двата пункта в гр. Бургас: Пункт 1 – бл. 18, в ж.к. “Братя Миладинови” и Пункт 2 – ЦДГ “Звездица” (“Гурко”) “Цар Симеон”.

Измервания в близост до жилищни сгради

Хронологически, измерванията са реализирани първо в близост до бл. 18 в ж.к. “Братя Миладинови”, в интервала от 09:00 на 06.06.12 г. до 09:00 на 08.06.2012 г. От графиката с резултатите, публикувани на сайта на община Бургас (<http://www.burgas.bg/bg/info/index/439>) [21] и представени на фиг. 4, се наблюдава следната динамика на електромагнитните излъчвания:

- усреднената стойност на ЕМИ в диапазона 800 MHz – 3 GHz, измерени от 00:00 на 07.06.2012 г. до 24:00 на 07.06.2012 г., се изменя от $\sim 0,30 \text{ V/m}$ в интервала от 00:00 ч. до 07:00 ч. до $\sim 0,45 \text{ V/m}$ в 17:00

ч. и след това сравнително плавно намалява до около $\sim 0,35$ V/m, в 00:00 ч. на 08.06.2012 г. След това до около 09:00 ч. на 08.06.2012 г. спада до $\sim 0,25$ V/m.

- подобен ход на интензитета на усреднената стойност на ЕМИ се наблюдава и за предния интервал от 09:00 на 06.06 до 09:00 на 07.06.12 г. Измерените максимални стойности са под пределно допустимата от 6 V/m [19, 20].

- усреднените стойности на ЕМИ и за трите честотни поддиапазони (от 100 kHz до 3 GHz; от 100 kHz до 800 MHz и от 800 MHz до 3 GHz) за целия период от 48 часови измервания не превишават пределно допустимите норми от 6 V/m според българското законодателство [19].

Измервания в близост до обществени сгради – детска градина

При втория разглеждан случай са проведените 48 часови непрекъснати измервания в близост до ЦДГ "Звездица" ("Гурко") "Цар Симеон" в гр. Бургас, в интервала от 09:00 ч. на 08.06.2012 г. до 09:00 ч. на 11.06.2012 г.

В графичен вид резултатите от измерванията на ЕМИ в същите поддиапазони, както в предния параграф, са публикувани на сайта на община Бургас (<http://www.burgas.bg/bg/info/index/439>) [21].

Резултатите показват доста по-различна ситуация като поведение на отделните компоненти на ЕМИ. Динамиката на електромагнитните излъчвания в този период е много по-спокойна, с по-малки отклонения в амплитудите им, но с доста по-високи средни нива. Например, усреднената стойност на ЕМИ в диапазона 800 MHz–3 GHz се колебае около нивото от 0,5 V/m до 0,6 V/m, при това за целия времеви интервал на измерванията. А усреднената стойност на ЕМИ в диапазона 100 kHz–3 GHz се колебае около нивото от 0,9 V/m, отново през целия 48 часов времеви интервал.

Сравненията на нивата на усреднените стойности на ЕМИ за този и предния случай до бл. 18 в ж.к. "Братя Миладинови" показва значително по-високи стойности. Например, за диапазона 100 kHz – 3 GHz максималното ниво на усреднените стойности ЕМИ за Пункт 1 (ж.к. "Братя Миладинови") е $\sim 0,55$ V/m, докато за Пункт 2 (ЦДГ "Звездица") нивото вече е $\sim 0,9$ V/m. А при сравняване на резултатите за диапазона 800 MHz–3 GHz, максималното ниво на усреднените стойности ЕМИ за Пункт 1 (ж.к. "Братя Миладинови") е $\sim 0,45$ V/m, докато за Пункт 2 (ЦДГ "Звездица") – нивото е вече $\sim 0,55$ V/m.

Характерно за динамиката на ЕМИ при първия разглеждан случай за ж.к. "Братя Миладинови", обхващащ непрекъснати измервания в продължения на 2 денонощия, в летен сезон, е наблюдаваното периодично увеличаване интензивностите на ЕМИ в целия честотен диапазон, в интервала от 08:00 до около 22:00 часа всеки ден, с намаляване в нощните периоди.

Докато при анализиране динамиката на ЕМИ, за втория разглеждан случай за ЦДГ "Звездица", обхващащ също непрекъснати 48 часови, в летен сезон, е наблюдаваното сравнително постоянно, но по-високо ниво на ЕМИ за всички честотни диапазони. Но независимо от това, измерените стойности на ЕМИ са около 7 пъти по-ниски от пределно допустимите [19].

4 Изводи и заключения

Наблюдаваната динамика в интензитета на ЕМИ за разглежданите случаи на измервания в силно урбанизирана среда, каквито са териториите на градовете София и Бургас, не се характеризира с повтаряемост за различните дни и часове. Това според нас е свързано основно с промяна в интензивността на трафика на различните комуникационни съоръжения. Част от източниците на ЕМИ имат случаен характер по отношение периодите на излъчване. Докато при други, например мобилните оператори, се наблюдава определено повишаване на интензивността на излъчваните сигнали за работни дни, в часовия пояс от около 09:00 до около 22:00 часа.

Анализираните конкретни данни от измервания в различни пунктове в градска среда и получените резултати, потвърждават необходимостта от провеждането на непрекъснат мониторинг на електромагнитното замърсяване или електромагнитния фон, в големите градове на територията на страната. Това се изисква от необходимостта да се спазват определените със закон [19] санитарно допустими норми за нейонизиращите лъчения. Натрупаните данни ще са необходими и за

осъществяването на изследвания за връзката между облъчвания с нейонизиращи лъчения и влиянието им върху здравето на хората.

Измерените нива на ЕМИ за всички разглеждани случаи са под пределно допустимите норми за България. Въпреки това, е наложително освен контролиране параметрите на всеки един нов източник на ЕМИ при неговото пускане в експлоатация, да се провеждат и регулярни измервания, особено в близост до значими обществени обекти като детски градини, училища и университети, болнични заведения и други.

Най-добрият начин за това е създаването и използването на мониторингова система за големите градове, която да позволява непрекъснати измервания в различни точки, интегриране и съхраняване на данните за параметрите на ЕМИ в единна база данни свързана с Географска Информационна Система (ГИС). Такава разработка е представена и аргументирана в работите на български и чужди автори [6, 7, 8, 9, 17].

Благодарности Авторите на статията изказват благодарност на ръководството на община Бургас и лично на кмета г-н Николов, за всестранното съдействие и подкрепа при провеждане на измерванията.

Литература

- [1] Bullo T., D. Gaiti, G. Pujolle, H. Zimmermann. A piloting plane for controlling wireless devices, *Telecommun. Syst.* (2008) 39: 195–203, doi 10.1007/s11235-008-9125-x.
- [2] Cetintas Hamid R., M., Karacadag, H., Gedik, A., Yogun, M., Celik, M. Measurement of electromagnetic radiation from GSM base stations. *IEEE International Symposium on EMC, TUBITAK-UME*. 41470, Gebze, Turkey, 2003.
- [3] Dimitrova S., I. Angelov, E. Petrova. A case study of possible effects of geomagnetic activity and mobile phones on heart rate variability, *MD – Medical Data*, 2009, Vol. 2, pp. 9–12.
- [4] Electromagnetic Fields, Source document: SCENIHR (2009), Summary & Details: GreenFacts (2009) http://www.greenfacts.org/DG_Health_and_Consumers_of_the_European_Commission_page_1/9, http://ec.europa.eu/health/ph_risk/popularizing/popularizing_results_en.htm
- [5] Forigo, D., Gianola, P., Scotti, R., Vallauri, R. Measurements and numerical evaluation of the electric field in the near-zone of radio base station antennas, *Centro Studi E Laboratori Telecomunicazioni via Reiss Romoli 274, Torino, Italy*, 2009.
- [6] Francesco Troisi, Martin Boumis, Paolo Gracioso. The Italian national electromagnetic field monitoring network, *Ann. Telecommun.* (2008), 63:97-108, DOI 10.1007/s12243-007-0011-4.
- [7] Genç Ö., M. Bayrak, E. Yaldız. 2010. Analysis of the Effects of GSM Bands to the Electromagnetic Pollution In the RF Spectrum. *Progress In Electromagnetics Research*, PIER 101. pp. 17–32.
- [8] Genç Ö., M. Bayrak, E. Yaldız. 2010. Analysis of the Electromagnetic Pollution for a Pilot Region in Turkey. *J. Electromagnetic Analysis & Applications*, 2010, 2, pp. 139-144. doi:10.4236/jemaa.2010.23021 Published Online March 2010 Copyright © 2010 SciRes. JEMAA (<http://www.SciRP.org/journal/jemaa>)
- [9] Getsov P., D. Teodossiev, E. Roumenina, M. Israel, G. Mardirossian, G. Sotirov, S. Velkoski, P. Gajesek, D. Simunic, K. Iliev. Development of a Strategy and Methods for Monitoring of Electromagnetic Pollution in the Environment of the Western Balkans, *Scientific results of the SEE-ERA.NET Pilot Joint Call*, Edited by Jana Macháčová, Katarina Rohsmann, ISBN 978-3-200-01567-8, pp. 95–101, 2009.
- [10] ICNIRP. “ICNIRP Guidelines, guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300GHz)”, 1998.
- [11] Nikolova Z., V. Poulkov, G. Iliev, K. Egiazarian. New adaptive complex IIR filters and their application in OFDM systems. *Journal of Signal, Image and Video Processing*. Vol. 4, Issue 2, June 2010, pp 197–207. Springer, London.
- [12] Ozdemir, A. R Radio frequency electromagnetic fields levels in urban areas of Istanbul, Ankara and Izmir and protection techniques, *Telecommunication Society, Ankara, Turkey*, 2004.
- [13] Petersen R. C. Radiofrequency/Microwave Safety Standards, http://www.emfdosimetry.org/petersen/Radiofrequency_Safety_Standards.html.
- [14] Poulkov V., G. Iliev. Channel equalization for OFDM. *Proceedings of the 2nd COST 289 Workshop*, July 2005, Antalya, Turkey, pp. 153–157.
- [15] Rothman Kenneth J., *Health Effects of Mobile Telephones*, *Epidemiology*, vol. 20, No 5, 2009, pp. 653–655.
- [16] Теодосиев Д., Г. Мардиросян, Л. Филчев, П. Гюров, Б. Сребров, П. Димитров, Цв. Среброва. Резултати от пилотно мониторингово изследване на разпределението и характеристиките на електромагнитните полета в

- диапазона 800 MHz – 2200 MHz в градска среда, Сп. Екологично инженерство и опазване на околната среда, год. 8, кн. 3–4, 2009, 74–81. ISSN: 1311-8668.
- [17] Viel J-F, et al. Radiofrequency exposure in the French general population: Band, time, location and activity variability, *Environ Int* (2009), doi:10.1016/j.envint.2009.07.007.
- [18] Wiedemann Peter M. and Holger Schultz, The Precautionary Principle and Risk Perception: Experimental Studies in the EMF Area, *Environmental Health Perspectives*, vol. 113, No 4, 2005, pp. 402–405.
- [19] Български държавен стандарт (БДС) 17137-90, Полета електромагнитни мировълнови. Допустими стойности и изисквания за контрол. Т 58, 1990.
- [20] Israel M. Standards and Regulations for EMF Exposure in Bulgaria, *Proceedings of the Eastern European Regional Meeting and Workshop*, Varna, Bulgaria, 28 April–3 May 2001, pp. 99–103, 2001.
- [22] Сайт на община гр. Бургас с данни от измервания на ЕМ излъчвания, <http://www.burgas.bg/bg/info/index/439>.