

Електромагнитно замърсяване и живите организми

доц. д-р Анушка Станчева, гл. асистент д-р Георги Петров
НБУ, деп. Телекомуникации

e-mails: astancheva@nbu.bg, gpetrov@nbu.bg

Electromagnetic Pollution and Living Organisms

**Ass. Prof. Anushka Stancheva, PhD – NBU, Georgi Petrov PhD
dep. Telecommunications**

e-mails: astancheva@nbu.bg, gpetrov@nbu.bg

Резюме: В доклада е направен обзор на източниците на електромагнитно замърсяване, включително персонални комуникационни системи и устройства, имащи пряко влияние върху живота на хората и живите организми. Обсъдени са нормите на допустимите нива на излъчвания от гледна точка на биологичната безопасност. Подробно са разгледани някои по-нови изследвания оценяващи негативното въздействие на тези полета върху живите същества, включително човека. Обсъждат се определени патенти за ползването на разнообразни ЕМП при лечение на редица сериозни заболявания. Дадени са и насоки за нуждата от обширни интегрални изследвания при въвеждане на безжични комуникационни системи.

Ключови думи: GSM, електромагнитно замърсяване, живи организми

Abstract: - This paper makes an overview over different types of electromagnetic pollution sources, including personal communication systems and equipment that may have direct impact on people's lives and life cycle of different living organisms. We discuss the norms of acceptable levels of electromagnetic emissions that cause thermal effects on the human body, as well as data from some recent studies assessing the overall impact of these fields on living beings. We discuss certain patents relating to the use of various EMF in the treatment of many serious diseases. Below are the guidelines for future research on mass adoption of wireless electric chargers for household appliances: toothbrushes, mobile phones, laptops.

Key-Words: - GSM, Electromagnetic pollution, living creatures

1. Електромагнитно замърсяване – източници и проблеми

Има много източници на електромагнитни полета (ЕМП) - микровълнови печки, сешоари, електрически проводници в домовете, уреди за дистанционно управление, компютри, индустриални електроуреди, електромотори, системи за сигурност, трамваи, въздушни електропроводи, антени, Wi-Fi и Bluetooth-технологии, мобилни телефони и базови станции, приемащи и излъчващи сигнали от различни мобилни устройства, самите кабели, които индуцират магнитно поле и т.н.

В градовете с население над 1 милион души електромагнитните излъчвания от технически произход превишават 30-70 хиляди пъти естественото излъчване в природата. Увеличаването на електромагнитните излъчвания води до т.нар. електромагнитно замърсяване. За ограничаването му са въведени редица нормативни документи и стандарти, определящи пределно допустимите нива на електромагнитни излъчвания за различни съоръжения и устройства. Цел на тези документи е минимизиране на възможното вредно влияние предизвикващо загряване и изгаряния в живите организми и работния персонал, т.е визират нейонизиращите лъчения. Тези лъчения не могат да причинят неконтролируем разпад на химическите връзки на веществата изграждащи биологичните клетки, каквото се наблюдава например при X-лъчите. Това погрешно води до извода за тяхната безвредност [1].

Електротехниката, електрониката и радиокомуникациите се развиват вече повече от 100 години, а през последните 40 години има над 12 000 изследвания за влиянието на нейонизиращите лъчения върху живите организми. Основавайки се на тези изследвания, Световната здравна организация (WHO) и Международната комисия за защита от нейонизиращи лъчения (ICNIRP) предписват норми за допустимите нива на облъчване с ЕМП, от гледна точка биологичната безопасност на човека и живата природа. У нас за ограничаване на въздействието на ЕМП върху живите организми са въведени няколко наредби:

- № 9 определяща пределно допустими нива на ЕМП в населени територии хигиенно-защитните зони около излъчващи обекти [3] Табл. 1;

Таблица 1. Пределно допустими нива на ЕМП

Честотен обхват	Пределно допустимо ниво
30 - 300 kHz	25 V/m
0,3 - 3 MHz	15 V/m
3 - 30 MHz	10 V/m
30 - 300 MHz	3 V/m
0,3 - 30 GHz	10 μ W/кв.см

- № 9 за здравно-хигиенните изисквания при използването на персонални компютри в обучението и извънучебните дейности на учениците;
- № 7 от 23 септември 1999 г. за минималните изисквания за здравословни и безопасни условия на труд на работните места и при използване на работното оборудване;
- Действащата в Европейския съюз (ЕС) Препоръка 1999/519/ЕО за ограничаване на облъчването на населението с електромагнитни полета се основава на нормите, създадени и въведени от ICNIRP и налага основни ограничения и референтни нива, които обаче са по-облекчени от националните ни норми.

В последните години се наблюдава нарастване на обществения интерес към възможните рискове за здравето, произтичащи от облъчването с ЕМ (електромагнитни) вълни. Ето защо, различни организации в световен мащаб

предписват указания за безопасност по отношение поглъщането на ЕМ енергия (напр. [23] – [25]). В частност, причината за включване в тази категория на поглъщането на ЕМ мощност в човешката глава, дължащо се на антените на мобилните телефони е, че те се използват в близост до главата. За радиочестотни (RF) излъчвания в близката зона тези стандарти за безопасност се основават на локалната върхова специфична степен на поглъщане (SAR), осреднена за 1 или 10 g тъкан, Табл. 2.

Таблица 2: Хигиенни норми за SAR за персонал и население в честотен обхват от 100 kHz до 60 GHz

Величина	Хигиенна норма		Нова обща норма до 3.5 GHz	Забележка:
	персонал	население		
SAR_{WB} (цяло тяло)	0.4	0.08	0.4	Осреднява се за масата на цялото тяло
SAR_L (глава, шия)	8.0 *	1.60 *	10.0 †	* Осреднява се за всеки 1 g маса на тъканта
SAR_L (очи)	1.60	0.2		Препоръчителна норма
SAR_L (крайници)	20.0 †	4.00 †	25 †	† Осреднява се за всеки 10 g маса на тъканта

За оценяване на SAR, главно в честотните обхвати от 800 до 900 MHz, 1,5 GHz и 1,9 GHz, в които се използват предлаганите в търговската мрежа клетъчни телефони са извършени голям обем изчислителни и експериментални дейности (разгледано в [26]). Въпреки, че стандартите за безопасност регламентират норми за върховата средна SAR, максималното повишаване на температура в главата, вследствие поглъщането на ЕМ мощност, може би в действителност е причинено от влиянието на това облъчване. Всъщност, нарастване на температура в мозъка, равно на 3,5 °C, се сочи като допустима норма, което не води до физиологически увреждания [27]. Допълнително, има публикувани данни, че повишаването на температурата в хипоталамуса с 0,2 °C до 0,3 °C води до изменения в терморегулацията [28]. Освен това, термичното увреждане в кожата започва при повишаване на температурата с около 10 °C [29]. От друга страна, до сега все още не е постигнато добро припокриване на изчислителните с експерименталните резултати, дори за максималното повишаване на температура на кожата. Ванг и Фюджиуара [29] са изследвали повишаването на температурата в човешката глава при облъчвания с ЕМ вълни с честоти 900 MHz и 1,5 GHz, използвайки два модела на глави (т.е. модел на глава с притиснато и непритиснато ухо). Те също показват, че повишаването на температурата в човешката глава, вследствие облъчването с ЕМ вълни е почти право пропорционално на изходната мощност на несиметрична вибраторна антена. Публикувани са резултати че, в честотните ленти, използвани за спътникови комуникации нарастването на температурата в човешката глава зависи повече от честотите, отколкото от изходната мощност на антените [30], [31].

Съществуват няколко честотни ленти, в които функционират комерсиални или локални комуникационни системи, като цифрови клетъчни мрежи за персонални комуникации (PDC), спътникови мобилни комуникации, международни мобилни телекомуникации (IMT) 2000, GSM, WiFi, WiMAX, 3G, CDMA, WSDMA, FSO, Blue Thoth, DVB-T и S, радио и телевизионни станции и др. подобни. Трябва да се отбележи, че повечето от тези честотни ленти са в честотния обхват между 800 MHz и 2,5 GHz. Както беше споменато по-горе, взаимодействието на ЕМ вълна с човешката глава е било основно изследвано за честоти 900 MHz, 1,5 GHz и 1,9 GHz, но не достатъчно изследвано за други честоти. Може да се направи изводът, че с изключение на [30] и [31], не съществуват публикации, в които да се дискутира влиянието на честотите върху SAR и върху повишаването на температурата в човешката глава, вследствие на ЕМ вълни, излъчвани от антените на мобилните телефони.

Наред с преките вреди от използването на ЕМП, касаещи живота и здравето на хората можем да отбележим и други негативни ефекти за живите организми. Редица изследвания [6] цитират данни, за това как различни ЕМП влияят пагубно върху развитието и способността за ориентация у много животни (птици, риби) и насекоми (повечето изследвания касаят масовото изчезване на пчелните колонии). Общите заключения от тези изследвания, са че въпреки, че земното магнитно поле има постоянна съставка, към нея се прибавят случайно възникващите вследствие на природни феномени ЕМП, като: магнитни бури ($B \sim 1 \mu T$), влияние на луната, промени в йоносферата и др., както и микровълновата радиация идваща от слънцето (в обхвата от 0 до 300 GHz) сумарно падащата върху земната повърхност мощност е около $600-800 \mu W/m^2$, като стандартно $0,1 \mu W/m^2$ се пада на енергията идваща от слънцето. Това влияние би могло да се усили до около $100 \mu W/m^2$ по време на слънчеви бури. Честотният спектър на тези аномалии лежи основно до 10 Hz, за полета предизвиквани от резонанси в самата Земя и между 20-25 kHz при възникване на светкавици между облаците. При светкавици между облаците и земната повърхност спектърът е до около 10 kHz.

2. Механизми на допълнително влияние на ЕМП върху живите организми

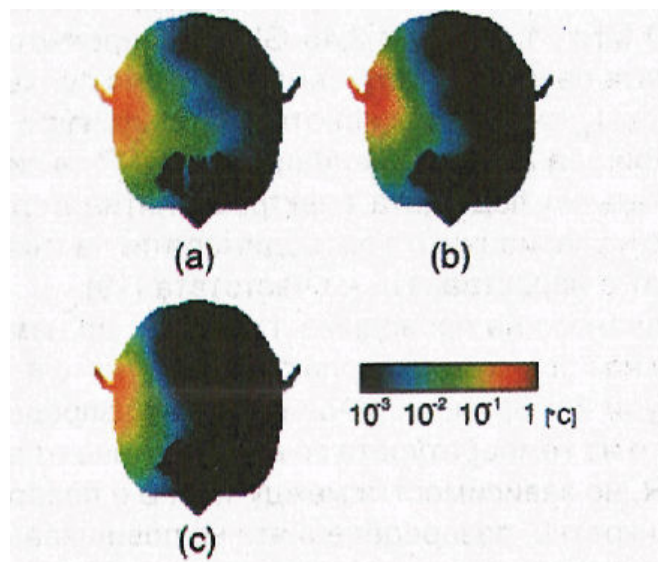
Анализирайки данните публикувани от различни автори можем да заключим, че факторите, които правят живите системи особено податливи на ЕМП са прекалено комплексни. Не бихме могли да кажем, че даден спектър или ниво на мощност се явява "смутител" на живите организми. ЕМП причинени от устройствата произведени от хората създават сумарно изключително сложна електромагнитна обстановка. Тези полета, за живите организми, имат случаен характер спрямо средата в която те са еволюирали и са били приспособени да живеят. Вредно влияещите ЕМП можем да характеризираме с различни особености, като:

- специфична плътност и вариации на електромагнитния поток – амплитудни прозорци, като малките прозорци имат по-силно значение за животните отколкото големите;
- специфични импулсни честотни последователности наричани – честотни прозорци;
- характерни вълнови форми на импулсите имащи разнообразен спектрален характер във времето (GSM, WiFi);

- направление на полето и потока индуциран около и в тялото на живите организми и спрямо земното магнитно поле;
- минимална продължителност и специфични свързани естествени фактори с осветеността, часа от денонощието, сезона и др.

Към тези ЕМП следва да се прибавят и редица източници на статични високоволтови полета, като тези между облаците достигащи 10 000 V, вулканични до 20 000 V, светкавици 500 000 V и др. За щастие тези случайни източници на смущения имащи естествен характер не могат трайно да доведат до изменения в околната екологична обстановка на различните видове. Самото тяло на човека предизвиква електромагнитни излъчвания в диапазона от 1 Hz до 10 000 GHz с мощност от 0.1 $\mu\text{W}/\text{m}^2$. Ако съберем общо сумарната мощност поглъщана от тялото ни вследствие на работещите радио предаватели в HF и VHF обхвати тя ще надвиши 10 000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$. Едновременно с това следва да кажем, че нормалното функциониране на ензимите в нашите клетки е възможно само при наличието на нормални за околната среда нива на ЕМП.

Например, ДНК и другите дълги молекули могат да изпаднат на т.н. верижни резонанси, водещи до тяхното разкъсване, като резонансните честоти лежат в интервала от 10 MHz до 10 GHz. За съжаление и този честотен обхват е в основата на повечето радио системи. По-нататък ще стане дума и за използването на различни честоти и форми импулси за нуждите на лечение на определени хронични и смъртоносни заболявания, което доказва единствено зависимостта на живата материя от електромагнитната обстановка в която е поставена, а също така и за специфичното наличие на информационна компонента характеризираща даден енергиен статус на определена клетка, микроорганизъм, ДНК сегмент или дори определени групи атоми в нея.

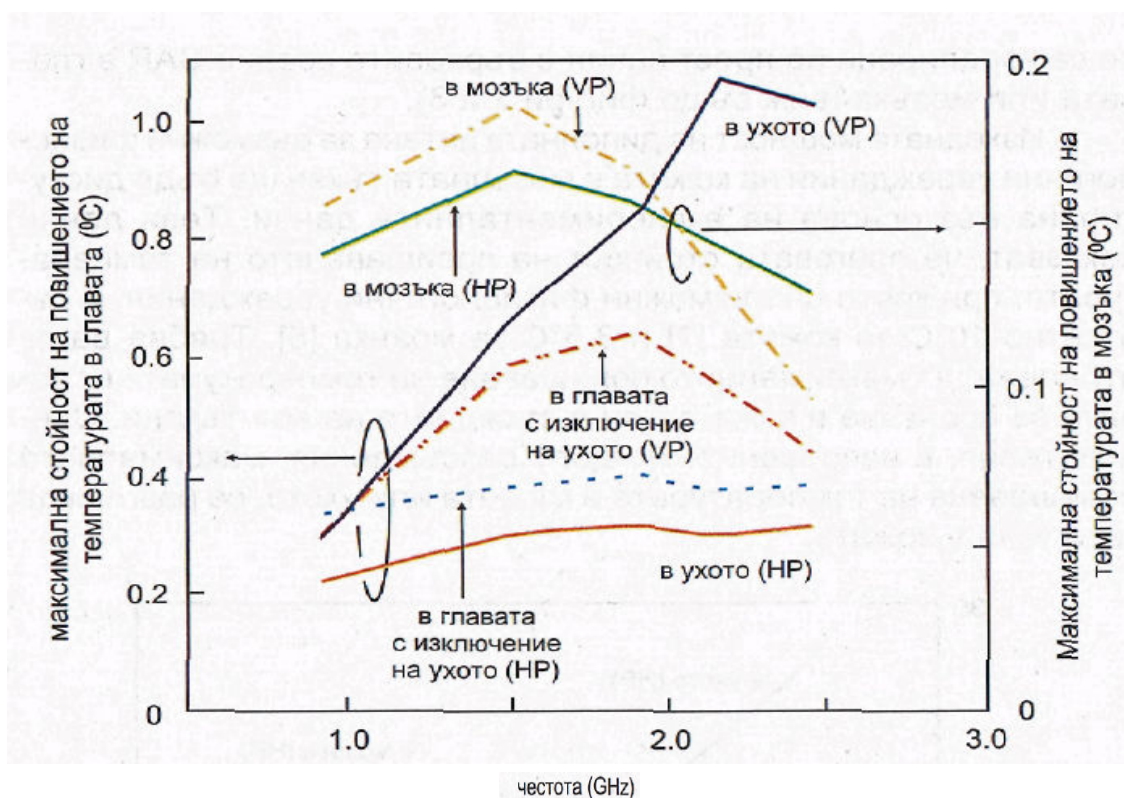


Фиг. 1: Степен на нарастване на температурата в хоризонталната равнина за облъчвания с вертикално поляризиращи вълни с честоти: (a) 900 MHz; (b) 1,5 GHz; и (c) 2,45 GHz

3. Научни изследвания и факти за негативно влияние на ЕМП върху човека

Безспорният механизъм на биологично въздействие на микровълните е топлинният. При него температурата на биологичните тъкани се увеличава вследствие на преобразуването на микровълновата енергия в топлинна. Най-силно топлинно въздействие търпят тъканите с високо съдържание на вода. Илюстрация за степента на нарастването на температурата при 900 MHz, 1,5 GHz и 2,45 GHz в напречното сечение на главата в хоризонталната равнина е дадена на фигура 1 [30], [31].

Данни за статистически установени максимални стойности на повишаването на температурата в главата и мозъка са показани на фигура 2 [30], [31].



Фиг. 2: Честотна зависимост на максималното повишение на температурата в главата и мозъка

Степента на абсорция и съответното повишаване на температурата се определя от вида и формата на тъканите и органите. В различна степен то се забавя поради дишане, изпотяване, топлообмен и излъчване. Ако поради някакви причини се надвишат възможностите на организма - т.е. получената енергия е по-голяма от отдадената в околната среда - е възможно даден орган да получи увреждания. Най-грубо казано - изгаряне или изпарение на части от него. Най-податливи са органи с по-слабо топлоотвеждане (напр. очни лещи), тъкани с по-слаба кръвна циркулация и тъкани между отделните органи. Критичната температура е 42 °C. Оказва се, че дори малко, но по-продължително затопляне с повече от 1 °C, при определени обстоятелства може да доведе до изменения в поведението, обмяната на веществата или до увреждания на ембриона при бременни. Определената специфична мощност,

която води до повишаване на температурата с повече от 1°C / kg за цялото тяло е 4 W/kg.

Друг механизъм за биологично въздействие е чрез така наречените нетоплинни ефекти, дължащи се на импулсно модулираното лъчение. Влиянието на този фактор върху живите клетки не е добре изучено. Предполага се, че при деца то може да е особено опасно, тъй като тъканите им все още се равиват. Редица медицински изследвания правени в САЩ в периода 1920-1960 г. свидетелстват за поява на пик от "електрическа" заболяемост. Корелацията на тези данни съвпада с началото на електрификацията на САЩ [20]. Има множество изследвания, показващи статистически данни, че прекомерното излагане на ЕМП с ниска и средна честота води до: рак, неврологични отклонения, липса на внимание, дезориентация – особено опасно за пилоти и шофьори, безсъние, превъзбуденост, депресии, аутизъм, когнитивни проблеми, още по-пагубно може да бъде влиянието на естествени и изкуствени силни ЕМП на хора болни от различни сърдечно съдови заболявания, като общият ефект е засилване на тромбозите [22]. Съществуват изследвания свидетелстващи за рязък хормонален дисбаланс, заболявания на имунната система, резки изменения в метаболизма, хроничен стрес, безплодие – у хора работещи в близост и с мощни радио излъчващи системи, увреждания на ДНК и др.

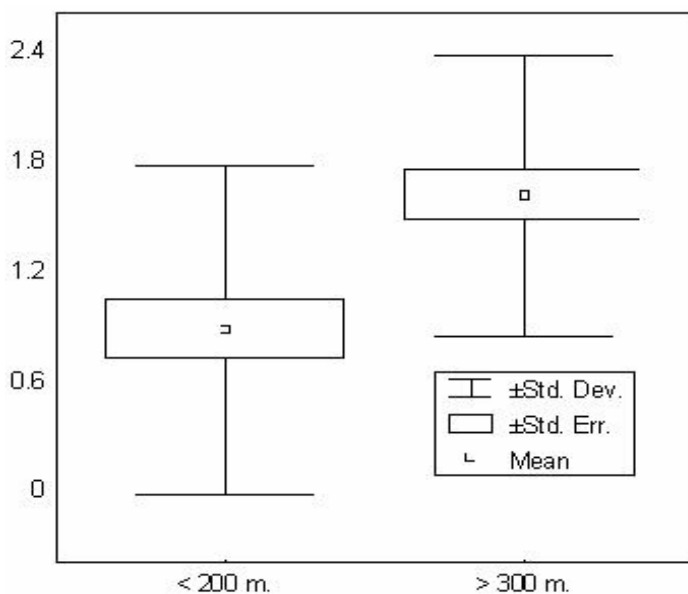
3.1 Изчезването на пчелите

Тези малки същества обитават Земята вече повече от 100 милиона години. Исторически изследвания сочат, че медоносни пчели са били отглеждани още през 7000 г. пр. Хр. Това което ги прави уникални е фактът, че около 85% от всички цветя, храсти и дървета даващи ядливи плодове, се опрашват именно от тях. За справка може да посочим, че дърветата, като череша, ябълка, круша и слива, а също така и редица земеделски култури, като: рапица, слънчоглед, червена детелина, люцерна, боб, и редица зеленчуци, като домати, краставици, тиква се опрашват именно от пчелите. Макар продукцията на мед в световен мащаб да не надхвърля 25.000 тона годишно, работата на пчелите в селското стопанство може да се изчисли на около 4 милиарда евро годишно за Европа, а за САЩ е от порядъка на 15 милиарда долара [9, 10] Редица практически изследвания показват, че поставянето на GSM апарат в кошера или близо до него, причинява разпадане на пчелните семейства, като сравнено с вредите от пестицидите – 3%, смъртността в този случай достига до 43%. Най-общо казано клетъчни мрежи „запушват“ канала и дезориентират пчелите не намират местата, където живеят и се хранят.

3.2 Изчезването на врабчетата и щъркелите

Не само пчелите и други насекоми изчезват внезапно вследствие на широкото навлизане на мобилните комуникации. Това в голяма степен важи и за редица птици, като врабчетата и щъркелите. Подобни изследвания доказващи корелация между изчезването на врабчетата и навлизането на множество базови станции за мобилни комуникации са проведени независимо в Испания, Белгия и други страни на ЕС [6]. Тези проучвания показват, че врабчетата и щъркелите са най-уязвими по време на техния размножителен сезон. Излъчванията между 900 и 1800 MHz еднозначно водят до намаляване на популациите на някои видове птици, особено ярки са примерите за това в градска среда. Гълъбите също притежават силна чувствителност към ЕМП. За жалост има и други тревожни данни, щъркели гнездящи в радиус до 200 m от базови

станции не могат да отгледат малки пиленца [19]. Изследванията показват, че най-близо избралите да гнездят птици дори не могат да построят своите гнезда, т.к. не могат да поставят клонките, така че те да се задържат. Електрическата компонента на полето до 200 m от базовата станция е $2,36 \pm 0,82$ V/m, а при разстояние над 300 m е само $0,53 \pm 0,82$ V/m. Изследванията показват, че при разстояния над 200-300 m популацията е по-здрава, Фиг. 3.



Фигура 3. Процент успешно отгледани пиленца, при гнезда построени в радиус <200 m от базови станции и над 300 m

4. Механизми на дезориентация причинен от ЕМП

Птиците, рибите, насекомите и охлювите имат специфичен орган позволяващ им да усещат слаби магнитни полета. Електрическите полета не могат да проникнат дълбоко в тялото на живите организми и затова тяхното влияние е пренебрежимо малко. За разлика от тях магнитните полета проникват в цялото тяло на животните и насекомите без съществени затихвания. Веществото магнетит (Fe_3O_4) е открито в относително по-високи концентрации във всички животни, които ползват магнитните полета на Земята, за да се ориентират (под формата на протеина - феритин) [6]. При някои бозайници, като китовите, количеството феритин е в пъти повече от това в човешкия мозък. Също така е известно, че количеството железни атоми в някои области от нашия мозък надвишава 5 милиона магнетитни кристала на грам тъкан [7]. Чувствителността на този протеин към външни магнитни полета е близо 10 милиона пъти по-голяма от тази на другите дна и пара магнитни тъкани и органи в тялото. Ето защо е напълно възможно външни изкуствени ЕМП да влияят над информационното взаимодействие между клетките в организма, като крайният сумарен ефект не може да бъде лесно предвидим и би могъл да се прояви напред във времето. Има редица хипотези, обясняващи формирането на групи от прелетни птици в т.н. "бойна формация" именно чрез обмен на информация чрез електромагнитен феномен. Същото обяснение се дава и на едновременната "свръх естествена" реакция на стада и популации животни и насекоми при опасност [23].

5. Общи заключения касаещи по-нататъшни изследвания

Предвид комплексния характер на проблемите създавани с използването и определянето на точното влияние на подобен род устройства, а и не на последно място и възможностите за спекулации в тази насока, ние считаме, че едно по-детайлно и дълготрайно проучване е нужно да бъде проведено. Не можем да отречем факта, че има редица свидетелства за полезността на ЕМП при лечението на опасни заразни болести, счупвания и дори рак. Но не можем да отречем и факта, че поради все още неизучени причини, тези фонове ЕМП променят ареалите на живеене на редица насекоми, като пчелите, щъркелите, врабчетата и др. Въз основа на анализирания в доклада изследвания за влиянието на ЕМП върху човека, могат да се направят следните обобщаващи изводи:

- разпределението на повишението на температурата в главата зависи както от честотата на падащите електромагнитни вълни, така и от разпределението на SAR.
- индуктираната в кожата и мозъка топлина зависи от честотата и поляризацията на електромагнитните вълни към момента няма категорични доказателства, за да се заяви точно кое температурно нарастване (в мозъка или в главата) е по-значително от гледна точка възможното причиняване на термални увреждания.
- би било подходящо разработването на стандарти за безопасност, основаващи се на повишенията на температурата вследствие на ЕМП; за прецизиране на данните за вредните биологични въздействия на електромагнитното замърсяване е необходимо използването на точни и разнообразни методи за измерване на комплексната електромагнитна обстановка, заснемане поведението на хора, животни, обработка на видео изображения и използване на статистически техники за анализ на данните.

6. Литература

- [1] **J.L. Phillipsa, N.P. Singhb, H. Lai**, "Electromagnetic fields and DNA damage", J.L. Phillips et al. / Pathophysiology 16 (2009) 79–88
- [2] **Петров Н., Бойчев Б., Петков Т., Петров М.**, "Измервания и оценка на ЕМ излъчвания в работна среда в РВД"
- [3] Наредба № 9 от 1991г. за пределно допустимите нива на ЕМП в населени територии и определяне на хигиено защитните зони около излъчващите обекти
- [4] Доклад на Комисията за прилагането на препоръка 1999/519/ЕО на Съвета от 12 юли 1999г. относно ограничаването на експозицията на населението на ЕМП (от 0 HZ до 300 GHZ)
- [5] **Lynn Quiring**, RPh, CCN, NMD, "The Cell Phone Poisoning of America", Phoenix, Arizona
- [6] **Ulrich Warnke**, "BEES, BIRDS AND MANKIND", ISBN: 978-3-00-023124-7
- [7] **Hilda Ransome**, "The Sacred Bee", (1937)
- [8] **S. M. Dubiel, B. Zablorna-Rypien, J. B. Mackey and J. M. Williams**, "The Urban Decline Magnetic properties of human liver and brain ferritin",
- [9] **Aly Adair**, "Disappearing Honey Bees Could Sting Our National Economy"
- [10] **Nick Holland**, "The economic value of honeybees", BBC
- [11] **Tom Simonite**, "Death by radio waves: hacking a pacemaker", 2008

- [12] **The Insider**, "WEAPON MORE POWERFUL THAN ATOMIC BOMB",
- [13] **US 5762298** (патент) "Use of artificial satellites in earth orbits adaptively to modify the effect that solar radiation would otherwise have on earth's weather"
- [14] **Panos T. Pappas, Charles Wallach**, "Effects Of Pulsed Magnetic Field Oscillations In Cancer Therapy", Denver April 16-18, 1993
- [15] **John P. O'Reardon, Murat Altinay, Pilar Cristancho**, "Transcranial Magnetic Stimulation: A New Treatment Option for Major Depression
- [16] **Yoed Rabin**, "Cancer Treatment By Electromagnetic Activated Nanoheaters", Carnegie Mellon University, American Association for the Advancement of Science, 2003
- [17] **Цветков П, Маринова И, Петров Г, Матеев В.**, "Система за многочестотно измерване на импеданс чрез звукова карта", *Сборник с доклади от Национален Симпозиум с Международно участие "Метрология и Метрологично Осигуряване 2010"*, ISSN 1313-9126
- [18] **George MS, Wasserman EM, Williams WA**, "Changes in mood and hormone levels after rapid-rate transcranial magnetic stimulation (rTMS) of the prefrontal cortex", *J Neuropsychiatry Clin Neurosci.* 1996; 8:172-180
- [19] **Alfonso B. Martínez**, "EFFECTS OF THE ELECTROMAGNETIC FIELDS OF PHONE MASTS ON A POPULATION OF WHITE STORK (*Ciconia ciconia*)", Valladolid Spain. March, 2004
- [20] **Samuel Milham**, "Historical evidence that electrification caused the 20th century epidemic of "diseases of civilization"", Washington State Department of Health, Olympia, WA, USA, 2009
- [21] **W. Löscher and G. Käs**, "Conspicuous behavioural abnormalities in a dairy cow herd near a TV and Radio transmitting antenna"
- [22] **Donald Hillman**, "Exposure to Electric and Magnetic Fields (EMF) Linked to Neuro-Endocrine Stress Syndrome: Increased Cardiovascular Disease, Diabetes, & Cancer", Michigan State University, 2005
- [23] **Sonke Johensen, Kenneth J. Lohmann**, "Magnetoreception and animals", 2008, *Physics Today*.
- [24] **James E. Bare**, "BRIEF INTRODUCTION TO RESONANT FREQUENCY THERAPY", 2009, US Patents 908441, 6,221,094. UK patent GB 2,336,318, PCT approved US98/00217, W098/31418
- [25] "Evaluating Compliance with FCC Guidelines for Human Exposure to Radio Frequency Electromagnetic Fields", Federal Commission, Washington, DC, OET Bull. 65, 1997
- [26] "Radio-Radiation Protection Guidelines for Human Exposure to Electromagnetic Fields", Telecommun. Technol. Council Ministry Posts Telecommun., Tokyo, Japan, Deliberation Rep. 89, 1997
- [27] "Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300 GHz)", *Health Phys.*, vol. 74, pp. 494-522, 1998
- [28] **M. Burkhardt and N. Kustur**, "Review of exposure assessment for hand-held mobile communications devices and antenna studies for optimized performance", in *Review of Radio Science 1996-1999*, W. R. Stone, Ed. Oxford, U.K.: Oxford Univ. Press, 1999, ch. 34
- [29] **A. C. Guyton and J.E. Hall**, *Textbook of Medical Physiology*. Philadelphia, PA: Saunders, 1996, ch. 73

- [30] **J. Wang and O. Fujiwara**, "FDTD computation of temperature rise in the human head for portable telephones", IEEE. Trans Microwave Theory Tech., vol. 47, pp. 1528-1534, Aug. 1999
- [31] **A. Hirata, T. Katayama, and T. Shiozawa**, "Thermal effects in the human head for exposure to EM waves emitted from terminals for mobile satellite services" presented at Proc 10th IEEE Int. Symp. Personal Indoor and Mobile Radio Comm.
- [32] **M. Morita, A. Hirata, and Thiozawa**, "Temperature increases in the human head exposed to EM waves emitted from a dipole antenna at various microwave frequencies", in Proc. OFSET 2000, Osaka, Japan, Dec. 2000, pp. 283-286