

ЗДРАВНИ АСПЕКТИ НА МОДЕРНИТЕ БЕЗЖИЧНИ ТЕХНОЛОГИИ

HEALTH ASPECTS OF MODERN WIRELESS TECHNOLOGY

Yordan Shterev Ivanov

*NMU "Vasil Levski", Veliko Tarnovo,
jshterev@abv.bg*

Abstract:

The article is presented the influence of today's wireless technology on the human body health. The electromagnetic field interactions of the wireless technologies on the human organs and the related health problems have been revealed.

Keywords: wireless technology, human body health, electromagnetic field interactions.

ВЪВЕДЕНИЕ

Развитието на информационните технологии през последните три десетилетия от една страна и на комуникационните от друга, доведоха до създаване на богато разнообразие от устройства за лично ползване, като мобилните телефони (GSM), лаптопи, таблети, навигационни устройства и други. Те се основават на радиочестотни сигнали непознати досега в заобикалящата ни среда. За живите организми, за нас, за животните и растенията те са нов елемент, които не са били подложени досега на въздействието на такива честоти и интензивност. Това определя въздействие на електромагнитни полета за което живите организми не са приспособени в еволюционния си процес, за разлика от фоновите. Настоящата статия е кратък обзорен поглед в насока на влиянието на електромагнитни полета на модерните безжични технологии върху нас, върху здравето ни.

НЕЙОНИЗИРАЩО ЕЛЕКТРОМАГНИТНО ЛЪЧЕНИЕ

Използването на безжични устройства води до увеличаване на изкуствено създадената радиация с характерни честоти: 1G мрежи – честоти 150MHz и повече, 2G мрежи - 450 MHz, 3G мрежи - от 1.5 до 2.8 GHz, 4G мрежи – от 2 до 8 GHz, 5G – от 3 до 300 GHz, лаптоп – честоти от 1000 MHz до 3600 MHz, Wi-Fi около 2450 MHz, Tablet PC около 2.4 GHz, Bluetooth устройства - 2.4 GHz, а също и по-високи честоти.

Въздействието на електромагнитното (ЕМ) лъчение върху човека зависи от неговата енергия: *йонизиращо* лъчение (енергия на кванта $hf \geq 10\text{eV}$ – енергия на най-слабите молекулни връзки ΔE_{min} , h – константа на Планк, f – честота) и *нейонизиращо* ($hf < 10\text{eV}$). Първият тип са рентгеновите (X-) лъчи, γ -лъчите и твърдите ултравиолетови (UV) лъчи. Енергията на кванта на йонизиращото лъчение разрушава биологичните тъкани, йонизира молекулите и атомите на клетките им ($hf \approx 10\text{eV}$ - минимална енергия на кванта, която предизвиква йонизация), прекъсва междумолекулните връзки на веществото в тъканите, предизвиква разрушаване на ДНК-молекулите в клетките и промяна на генетичния материал [2, 4, 9].

При по-нискоенергетичното лъчение като видимата светлина, меките ултравиолетови лъчи (UV), инфрачервените лъчи (IR), микровълновото лъчение (300 MHz – 300 GHz), радиочестотни (RF) сигнали (под 300 MHz), а също и постоянният ток не се наблюдават директни йонизационни ефекти. Тоест сигналите използвани в съвременните комуникации са *нейонизиращо лъчение*. Действието на сигналите с ниски честоти се свързва главно с възбуждане на слаби индуцирани токове в проводящи среди, включително в биологичните тъкани. При RF сигнали тези токове са слаби, и предизвикват основно нетоплинни ефекти (*електростимулация*), а при микровълните – водят главно до загряване на тъканите (*топлинен ефект*). При IR, видимата светлина и меките UV освен нагряване, се наблюдава и възбуждане на електронните обвивки на атомите и молекулите, и следователно – *фотохимични реакции*.

В околната среда има разнообразно ЕМ нейонизиращо лъчение: *фоновото лъчение* с естествен произход; свързано с работната среда; странични човешки дейности като комуникационни сигнали излъчвани в областта на населени места, които се явяват *рисков фактор*. Фонът на нейонизиращо лъчение се определя от нивото на IR, видимото и UV лъчение. Други природни източници са земното магнитно и електричното поле при гръмотевични бури. Силен е фонът на промишлената честота 50 (или 60) Hz свързан с човешката дейност.

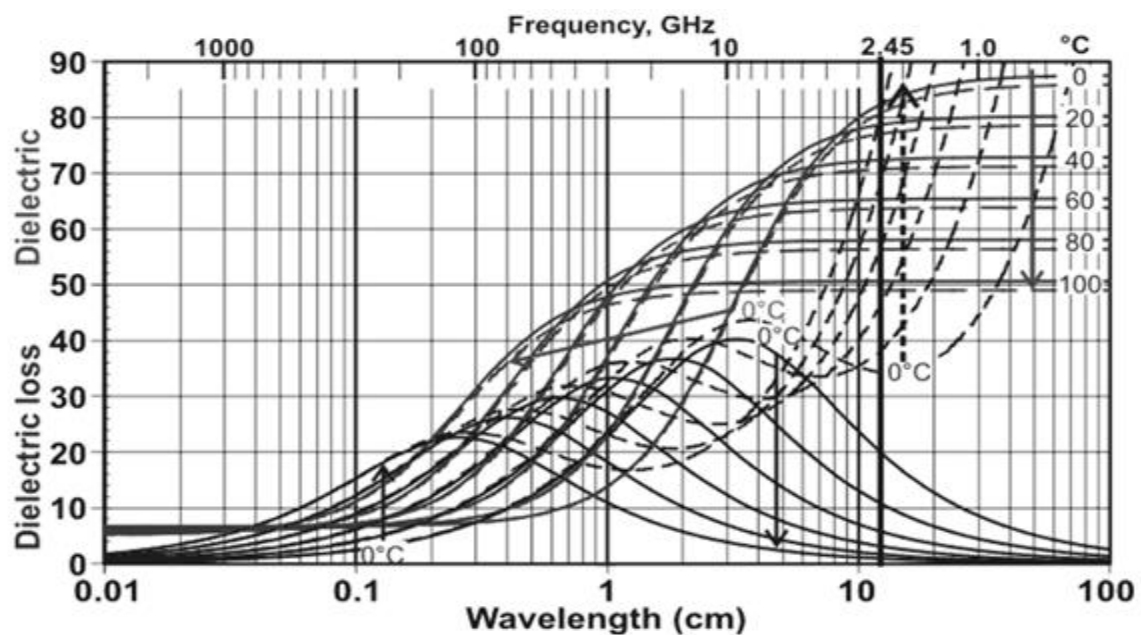
Микровълновите сигнали на съвременните комуникации са силен “замърсител”. Електричното поле се екранира добре от проводящи обекти и повърхности (дървета, сгради, човешка кожа и др.). Най-високочестотният микровълнов сигнал ($f = 300 \text{ GHz}$) квантът е с енергия $hf \approx 0.00125 \text{ eV}$, по-малка от енергията и на най-слабите междумолекулярни връзки в живата тъкан ($\approx 0.06 \text{ eV}$) и дори от средната кинетична енергия на топлинното движение на молекулите при стайна температура $\approx 0.025 \text{ eV}$. Значими за нас са механизмите на въздействие на микровълните върху живите организми, включително върху човека. Под *биологично въздействие* се разбира появата на биохимични ефекти в тъканите и клетките, психологични и поведенчески реакции на организма под действие на лъчението. Основен механизъм за биологично въздействие на микровълните е *топлинният* – нагряване на биологичните тъкани под действие на погълнатата ЕМ енергия. По-голям интерес предизвиква наличието на други, *нетоплинни механизми*.

Топлинните ефекти възникват, когато в тъканите се поглъща достатъчно микровълнова енергия, предизвикваща нарастване на температурата на съответната тъкан ($\Delta T > 1^\circ\text{C}$). Температурата на биологичните тъкани се увеличава вследствие на преобразуването на микровълновата енергия в топлинна. При топлинния механизъм от най-съществено значение са диелектричните свойства на тъканите, тяхната комплексна относителна диелектрична проницаемост:

$$\varepsilon_r = \varepsilon'_r - j\varepsilon''_r \quad (1)$$

където ε'_r е реалната относителна диелектрична проницаемост, ε''_r е имагинерната относителна диелектрична проницаемост. Имагинерната част е свързана с проводимостта σ , която обуславя поглъщането от тъканите - загубите. При честота f , то $\varepsilon''_r = \sigma / \varepsilon_0 f$, където ε_0 е абсолютната диелектрична проницаемост. Тоест най-силно топлинно въздействие търпят тъканите с високо съдържание на вода, която в микровълновия обхват представлява силен поглъстител с $\varepsilon'_r \sim 20-80$.

На фиг. 1 са дадени зависимостите на реалната и на имагинерната относителна диелектрична проницаемост на чиста вода (плътните графики) и воден разтвор на сол. (пунктираните графики) [1, 5, 6].



Фигура. 1. Диелектрична проникливост на загубите на водата и воден разтвор на сол в зависимост от честотата и температурата.

Стрелките показват ефектът от повишаване на температурата. Солта намалява естественото структуриране на водата и така намалява статичната диелектрична пропускливост, така както и повишението на температурата. Чистата вода се превръща в по-беден микровълнов абсорбатор с повишаваща се температура. Но за солния разтвор, при по-ниските честоти йоните произвеждат топлина, осъществява се повишение на температурата (пунктираните графики вдясно). 2,45 GHz е честотата на микровълновите печки.

Тъканите се разделят на две условни групи с високо съдържание на вода (HWC, High-Water Content) и с ниско съдържание на вода (LWC, Low-Water Content). HWC-тъкани са кръвта, лимфата, черния дроб, бъбреците, мускулите, сивото и бялото мозъчно вещество, очна ретина и други. LWC-тъкани са подкожието, сухожилията, костите и особено мазнините. Характеристиките на тези групи тъкани са доста различни. Стойностите на проводимостта за HWC-тъкани са с около порядък по-високи, отколкото при LWC-тъканите. Относителната диелектрична константа на HWC-тъкани е също с около един порядък по-голяма от на LWC-тъканите. HWC-тъкани са потенциално по-податливи на микровълново нагряване. Дълбочината на проникване на сигнала в тъканите е $\delta \sim 1/\sqrt{f}$. При ниски честоти (под 1 MHz) лъчението практически не затихва в тялото, докато при честоти над 1 GHz дълбочината на проникване е от няколко *cm* до няколко *mm* – Таблица 3 по-долу.

Наблюдава се усилване на въздействието на микровълните при резонансни ефекти. Човешкото тяло или негови части (глава, уши и др.) са диелектрични резонатори за определени честоти. За възрастните хора резонансно нагряване на цялото тяло е в около 80 MHz. За децата резонансните честоти са 150-200 MHz. Резонансно нагряване на цялата човешка глава (със среден диаметър ~17 cm) се постига при ~ 900MHz.

Нетоплинните ефекти най-често се свързват с медицински и биологични явления като промяна в имунната система, неврологични ефекти, промяна в поведението. Под определено *прагово ниво* ефектът не се наблюдава. Появява се над този праг и расте до определена стойност на нивото, когато настъпва *насищане* и разглежданият биологичен ефект не расте количествено, чак до появата на топлинен ефект. Това показва сложността на изследванията на нетоплинни ефекти.

ФИЗИЧНИ ВЕЛИЧИНИ, ХАРАКТЕРИЗИРАЩИ НЕЙОНИЗИРАЩОТО ЛЪЧЕНИЕ

Поглъщането на енергията на микровълновото лъчение от биологична тъкан и в частност за човешкото тяло се определя от израза:

$$S = \frac{\sigma E^2}{\rho}, \quad (2)$$

където S е плътността на потока на мощността (SAR - Specific Absorption Rate) в дадена посока върху перпендикулярна повърхност с площ единица и размерност W/kg или mW/g , σ е електрическата проводимост на тъканите на човек за определена честота на изследване; E – интензитетът на електрическото поле; ρ - средната плътност на тъканите

Използва се и изразът:

$$S = C \frac{dT}{dt}, \quad (3)$$

където C е средната топлоемкост на тъканите на човек в $J/(kg.K)$, dT/dt е изменението на средната температура с времето.

Плътността на потока на мощността S показва нивото на сигнала в дадена точка или малка площ, но не отчита тъканта в която попада сигнала и степента на нагриване [12]. Затова се въвежда нова физическа величина, *специфична абсорбирана мощност* P_{abs} :

$$P_{abs} = \frac{\sigma_{local} |E_{local}|^2}{\rho_{local}}. \quad (4)$$

Електрическата проводимост на тъканите на човек, интензитетът на електрическото поле и средната плътност на тъканите са заменени с техните стойности за определен човешки орган - *локално*. Аналогично се дефинира средната топлоемкост на тъканите на човек за даден орган:

$$\left(\frac{dT}{dt} \right)_{local} = \frac{P_{abs}}{C_{local}}, \quad (5)$$

Експериментално измерване на погълнатата енергия, съответно на специфичната абсорбирана мощност P_{abs} и плътността на потока на мощността S в човешкото тяло с живи хора се извършва рядко. Могат да се определят предимно повърхнинни ефекти или влияние върху диаграмата на антената. Затова се използват биологично еквивалентни фантоми (на глава, ръка и др.). Също така изчисляват се по модели на човешки тъкани и органи чрез компютърни симулации на тяло, глава, очи и др. (<https://www.remcom.com/biomedical-applications> и други).

ВЪЗДЕЙСТВИЕ НА ЕЛЕКТРОМАГНИТНОТО ПОЛЕ ВЪРХУ БИОЛОГИЧНИ ТЪКАНИ

Основна характеристика определяща въздействието на електромагнитното поле върху биологичните тъкани е разстоянието r до източника. За преодоляване на вредното излъчване в комуникациите най-голямо значение има обратната квадратична на големината на интензитета, съответно и на въздействието в зависимост от разстоянието $\sim 1/r^2$ - при големи разстояния от антените е изпълнено. Когато мобилен телефон се ползва, излъчващата антена е много близко до главата на човек или ако базовата станция е разположена близко до жилищните помещения, то не може да се пренебрегне излъчването попаднало върху нас. Затова е препоръчително, когато се разговаря, телефоните да е с включен високоговорител, за да е на разстоянието от главата. Лаптопите, когато се ползват независимо дали WiFi е включен или не, да не се поставят върху краката, а на разстояние от тялото. Те работят на честоти около и над 2 GHz.

Когато заредена частица се намира в електрическо, магнитно или електромагнитно поле (ЕМП) на нея ѝ действа сила на Лоренц определена от:

$$F = F_e + F_m = qE + qv \times B, \quad (6)$$

където F е пълната сила действаща на частицата, F_e – силата породена от електрическото поле, F_m – силата на магнитното поле, E е електрическият интензитет, q е електрическият заряд на частицата, v – моментната скорост на частицата.

В биологичните органи и тъкани присъстват движещи се електрични заряди, пораждащи електрични и магнитни полета (закон на Био-Савар). Зарядите провеждат нервните импулси от периферната нервна система към мозъка, а също така йонни заряди преминават през мембраните на клетките. При въздействие с ЕМП върху биологичните тъкани и органи, то въздейства на движещите се заряди и взаимодейства с биологичните електрични и магнитни полета.

Промяната на биологичните видове и тяхното приспособяване към променящата се среда е бавен еволюционен процес. Ето защо въздействието на ЕМП върху тъканите и органите създава предпоставки за нарушения на нормалния физиологичен баланс. ЕМП са нискочестотни и високочестотни. Биологичните тъкани и органи са със специфични диелектрични свойства и проводимости: за отделните органи са различни и вътре в тях се различават. Това указва за сложния характер на влиянието на външното ЕМП, което се определя от:

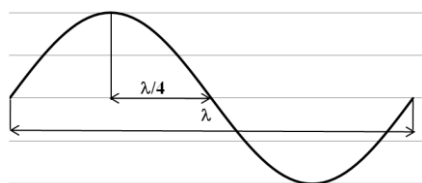
- Околната среда – близки метални обекти, заземяване;
- Поляризацията на ЕМ вълна;
- Отношението на размера на биологичното тяло, органи и дължината на вълната;
- Облъченият орган;
- Проводимостта и диелектричните свойства на органите.

Нискочестотните ЕМП влияят върху биологичните тъкани и поради близките им честоти с присъщите на човешкото тяло – Шуманови честоти на мозъка по време на сън, бодърстване, почивка, активна интелектуална дейност и др.

При опити с мишки и плъхове и ползване на радиочестотни и микровълнови ЕМП (2.5GHz, 890-915GHz,) се установява намаляване подвижността на сперматозоидите, намаляване диаметъра на семенните каналчета, увреждане на нуклеарния геном [12,13,14].

ЕМ вълна преминаваща през обект с определен среден диаметър, в зависимост от честотата си има различни взаимодействия. Ако дължината на вълната ѝ λ е много

голяма в сравнение с размера на обекта $L - \lambda \gg L$, то взаимодействието е пренебрежимо малко, тъй като пренебрежимо малко е изменението на амплитудата на вълната в обекта. Когато дължината на вълната е сравнима с размера на обекта $\lambda \approx L$, то тя взаимодейства с него чрез дифракция. WiFi 2.4 GHz има дължина на вълната 12.5 см. От същият порядък са размерите на човешкият мозък, сърце, бели дробове, бъбреци и други вътрешни органи. От друга страна, както се вижда на фиг. 2 амплитудата на една монохроматична вълна съответства на $\lambda/4$, което е около 3 см. Пълното изменението на амплитудата определя и максималното въздействие на ЕМ вълна. Такива размери имат очите на човек, репродуктивните органи на мъжа и жената, които са наситени с вода. Репродуктивните органи на мъжете са по-уязвими. От друга страна различните проводимости и диелектрични проницаемости на отделните органи влияят върху преминаващата ЕМ вълна, което усложнява процеса. При $\lambda < L$ има топлинно и нетоплинно въздействие. За честота от 300 GHz, то $\lambda = 1 \text{ mm}$.



Фигура. 2 Един период на монохроматична вълна

ЕМ вълна силно влияе върху нервните тъкани. Предаването на нервни импулси се осъществява чрез потенциал от около (40-80) mV. Това указва за въздействието на ЕМП върху нервните тъкани. Очевидно е, че интензитета на вълната определя силата на въздействието. Следователно базови станции, телефони, лаптопи, часовници с WiFi и всички устройства които приемат и излъчват в зависимост от разстоянието са потенциално опасни, въздействат върху нервите и още повече върху гръбначният и главният мозък.

ЕМ вълна влияе и върху мембраните на клетките. Те имат специализирани каналчета през които опрминават само йони на Na^+ или K^+ или Ca^{++} .

ЧЕСТОТНА ЗАВИСИМОСТ НА БИОЛОГИЧНО ДЕЙСТВИЕ НА НЕЙОНИЗИРАЩОТО ЛЪЧЕНИЕ

В България за ограничаване на въздействието на електромагнитните полета (ЕМП) се прилагат допустими нива, определени в няколко акта:

- Наредба № 9 от 1991 г. за пределно допустими нива на ЕМП в населени територии и определяне на хигиенно-защитните зони около излъчващи обекти [9];
- Наредба № 9 за здравно-хигиенните изисквания при използването на персонални компютри в обучението и извънучебните дейности на учениците [10];
- Наредба № 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 [11].

Препоръките на Европейският съюз са дадени в [2], с които националните изисквания са съобразени или са по-строги.

В таблица 1 са дадени пределно допустими нива на напрегнатостта и на плътността на енергийния поток на ЕМП в населена територия в България съгласно [9].

Таблица 1.

№	Честотен обхват, в който работи излъчвателят	Пределно допустимо ниво
1.	от 30 до 300 kHz	25 V/m
2.	от 0,3 до 3 MHz	15 V/m
3.	от 3 до 30 MHz	10 V/m
4.	от 30 до 300 MHz	3 V/m
5.	от 0,3 до 30 GHz	10 μ W/cm ²

Пределно допустимите норми са честотно-зависими. За стойности над 300 MHz, дължините на вълните са под 1 m, сравними с размерите на човек и органите му, съответно и въздействието върху тях е по-значително.

При работа на няколко антени (излъчватели), в различни честотни обхвати в границите на населените територии е в сила условието:

$$\left(\frac{E_1}{E_{H1}}\right)^2 + \left(\frac{E_2}{E_{H2}}\right)^2 + \dots + \left(\frac{E_n}{E_{Hn}}\right)^2 + \frac{S_{\text{сум}}}{10} \leq 1 \quad (7)$$

където E_1, E_2, \dots, E_n са интензитетите на електрическото поле, създавани от отделните антени в различни честотни обхвати или техните сумарни интензитети от един и същ честотен обхват при честота на излъчване под 0,3 GHz; $E_{H1}, E_{H2}, \dots, E_{Hn}$ - пределно допустимите нива за съответния обхват; $S_{\text{сум}}$ е сумарната им плътност на мощността с работна честота над 0,3 GHz [9].

В таблица 2 са дадени стойностите на хигиенно-защитните дози на България и други страни [5,6,7,8,9,18,19] от 0,3 до 30 GHz. Показателно е, че в България те са много по-ниски в сравнение със САЩ и Европейският съюз - 1mW/cm².

Таблица 2.

№	Държава	Пределно допустимо ниво, [mW/cm ²]
1.	България	0,01
2.	САЩ	1
3.	Русия	0.01
4.	Европейски съюз	1
5.	Япония	0.02
6.	Китай	0.02
7.	Австралия	0.02

Приетите в света хигиенно-защитни норми за облъчване на хора с нейонизиращо лъчение в Западна Европа и САЩ се основават само на осигуреното предпазване на човека от топлинните ефекти под действие на микровълни (прегриване на тялото с над

1⁰C). В повечето от държавите хигиенните норми са определени само на базата на топлинния механизъм. USA FCC (Federal Communication Commission - www.fcc.gov), IEEE C95 (www.ieee.org), Canada Safety Code 6 (www.hc-sc.gc.ca/rpb), ICNIRP Reference Levels 1998 (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection - www.icnirp.org), World Health Organization (www.who.int/en/) и др. Организации определят пределно допустими норми. В някои страни има честотно-зависими норми (България), затова изискванията за пределно допустимите норми са по-високи.

В Таблица 3 за мускулите и мазнините са дадени относителната им диелектрична проникваемост, проводимостта и дълбочината на проникване в зависимост от комуникационни честоти на електромагнитното поле [6]. Дълбочината на проникване в мазнините е около 6 пъти по-голяма в сравнение с мускулите. Мазнините не съдържат вода, а комуникационните честоти взаимодействат с водата в мускулите и тяхното проникване в тях бързо намалява, съгласно (1). Това води и до отлагане на енергията им в мускулите. Физичните величини диелектрична константа и проводимостта определят свойствата на мазнините и мускулите водещи до различните дълбочини на проникване. С увеличение на честота, намалява дълбочината на проникване, съответно увеличава се поглъщането на енергията на единица дължина.

Таблица 3.

Честота (MHz)	Мускули			Мазнини		
	Относителна диелектрична константа	Проводимост (S/m)	Дълбочина на проникване, (mm)	Относителна диелектрична константа	Проводимост (S/m)	Дълбочина на проникване, (mm)
400	57.13	0.80	52	5.58	0.041	310
900	55.03	0.94	42	5.46	0.051	244
1800	53.55	1.34	29	5.35	0.078	158
2450	52.73	1.74	22	5.28	0.105	116
5200	49.28	4.27	8.8	5.01	0.205	47

ЗДРАВНИ АСПЕКТИ НА ВЛИЯНИЕТО НА БЕЗЖИЧНИТЕ УСТРОЙСТВА

Хигиенните норми за ЕМ облъчване *осигуряват защита* срещу топлинните ефекти, които могат да създадат риск за здравето, ако надхвърлят нормата. Биологични нетоплинни ефекти (на молекулярно и клетъчно ниво, на нервната система) могат да причинят, но могат и да не причинят здравни рискове, тоест има стохастично въздействие. Това не дава повод да не се отчитат нетоплинните ефекти при регулацията на хигиенните норми за нейонизиращо лъчение. В същото време *има нарастващо безпокойство* относно възможни рискови ефекти за здравето, причинени от използване на GSM апарати, други устройства и от облъчване от GSM базови станции, наречен *“микровълнов синдром”*. Облъчване с нейонизиращо лъчение с ниво под хигиенните норми не предизвиква заболявания. Но от друга страна човешките индивиди не са хомогенни в генетично отношение и някои от тях могат да имат повишена чувствителност към елементи от околната среда, в частност, към облъчване с микровълни. *Облъчване дори под хигиенните норми*, може да предизвика различни биологични ефекти на молекулярно и клетъчно ниво, както и ефекти в поведението, психиката, мисловната дейност и паметта. Това са прояви на ЕМ *“хиперчувствителност”* и

хигиенните норми не осигуряват сигурна защита. Освен това се проявява и психологичен ефект, ако човек не вижда антената на базовата станция близо или ако тя е скрита, безпокойството е по-слабо. Рискът от облъчване от мобилен телефон е по-голям. Препоръчително е да се прилага “*принципът на предпазливостта*” – по-далеч от базова станция, по-малко разговори и по-голямо разстояние от телефона при разговор.

За *мобилните телефони* “*принципът на предпазливостта*” се изразява в [16, 17]:

- Продължителността на разговор е препоръчително да е 2-3 мин., максимум 6 мин. и поне 30 мин. без разговор, за да не се акумулира въздействието на ЕМП;
- Да се избягват разговори при “слаб сигнал” като мазе, тунел, асансьор, метро, кола, автобус, в планината и др. Тогава клетъчният телефон обикновено работи на максимален сигнал;
- Да се използват предпазни средства при възможност: телефона да се държи по-далече от главата, да се използват жични “hands-free” устройства;
- Да се избира безжичен телефон по указаната стойност на плътността на потока на мощността при стандартни условия на използване;
- Да се пази телефона далеч от очите, тестисите, сърцето, хипоталамуса.

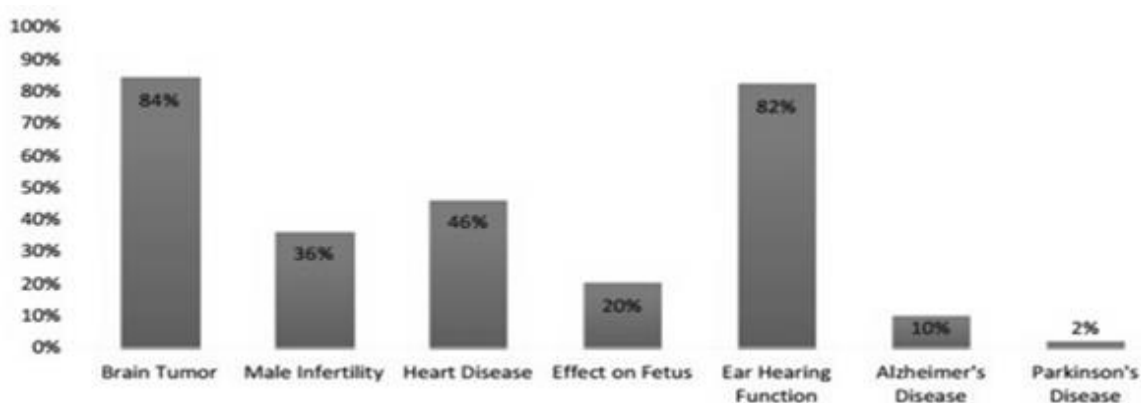
Рискът за децата и юношите от въздействия с микровълни е по-значителен в сравнение с възрастните:

- *Децата* трябва да избягват използване на мобилни телефони или да ги използват много рядко. Да не се оставя телефон в детската количка, да не се ползват бебелефони;
- Децата абсорбират по-голямо количество микровълнова радиация в сравнение с възрастните, техните органи и тъкани се разиват и са по-уязвими. Мозъкът на децата е силно уязвим;
- Затова опасността от микровълни е клас 2В (възможен канцероген) ;
- Ембрионите са още по-уязвими от децата. Бременните жени трябва да избягват излагането на микровълново лъчение;
- Младите момичета и жени не трябва да поставят мобилни телефони в сутинени или близо до гърдите;
- Безжичните устройства са радиопредаватели и приемници с възможно опасни последици, не са играчки за деца;
- Всеки трябва да се запознае за последиците от излъчвания върху човешкото тяло от безжичните устройства, необходима е просветителска дейност;
- Поради малките заряди на йоните в органите и тъканите (със стойност 1-2 елементарни електрически заряда) въздействието на външното ЕМП върху тях е винаги е възможно, имайки предвид ефекта върху всички заряди, то съпроводено с отклонение работата на биологичните органи и тъкани.

На фиг. 3 е дадено процентното разпределение на различни заболявания причинени от безжични устройства: мозъчни тумори 84%, безподие на мъжа 36%, заболявания на сърцето 46%, ефекти върху ембриона 20%, нарушения на функциите на ухото 82%, болест на Алцхаймер 10% и Паркинсонова болест 2% [13, 20, 21].

Важни характеристики на базовите станции за облъчването са мощността на излъчване, типа на клетката (по-голяма или по-малка), секторност на антената, усилването ѝ, посоки на главните лъчи. Изследвания за влиянието на ЕМ излъчване върху живи организми са много разпространени и добре финансирани. Ежегодно излизат

много нови резултати, част от тях се появяват в Интернет като „Popularity, Funding for Health-Effect Research and Cell-Phone Addiction” на проф. James C. Lin, в списанието IEEE „Antennas and Propagation Magazine” - https://www.researchgate.net/publication/224161173_Popularity_Funding_for_Health-Effect_Research_and_Cell-Phone_Addiction, международен проект INTERPHONE (http://interphone.iarc.fr/interphone_results.php), координиран от International Agency for Research on Cancer (IARC) в Лион, Франция (част от WHO – World Health Organization). IARC класифицирала 5 групи за канцерогенно въздействие на нейонизиращото лъчение: 1 – канцерогенно, 2А - вероятно канцерогенно, 2В - възможно канцерогенно, 3- не може да се определи като канцерогенно, 4 - не е канцерогенно [5, 6, 11, 18, 19]. Засега нейонизиращото лъчение се свързва с група 2В, но изследванията водят към 2А.



Фигура. 3. Процент на различни заболявания, дължащи се на безжични устройства.

На адрес <https://ehtrust.org/wp-content/uploads/Doctor-Letters-on-Wi-Fi-In-School-Full-Compilation.pdf> се дадени писма на лекари от Канада и САЩ до училища, колежи, университети с препоръки за преминаване на жична Интернет връзка и премахване на безжичните. Също на адрес <https://ehtrust.org> (Environmental Health Trust) са дадени препоръки за намаляване на риска от рак от телефоните, статии, книги, филми, опасностите върху децата на височестотните вълни.

Д-р Vini G. Khurana, водещ мозъчен неврохирург и Нобелов лауреат от Австралия, твърди че мозъчните тумори вследствие на усилено използване на мобилни телефони са се увеличили извънредно много и че през следващите години те ще вземат повече жертви, отколкото взема тютюнопушенето (http://c4st.org/wp-content/uploads/sp-client-document-manager/1/mobile_phones_and_brain_tumours.pdf).

С навлизането на новото поколение мобилни комуникации 5G, са необходими нови стандарти за безопасност, основани на адитивна експозиция, на честотата, честотната лента, модулацията и други биологично значими свойства. Термичната хипотеза за вредите върху биологичните организми не е актуална за високите честоти. При попадане в тялото на микровълнови импулси движещите се заряди стават вторични излъчватели (антени) и изпращат ЕМП навътре в тялото (принцип на Хюйгенс-Френел).

За 5G се изисква да бъдат разположени на разстояние по-малко от 100 метра, тоест на тротоара пред домовете и обществените сгради, близко над главите на пешеходците, включително майки с бебета.

Изследвания се водят в Швеция, Германия. При интензивно ползване на GSM телефон 2-3 часа дневно (след първите 2000 ч.) се наблюдава още завишен риск, отколкото при нормално ползване над 10 г. Забелязан е повишен риск от рак на слуховия нерв, ларинкса, слюнчените жлези и др.

В България инженери и учени започват работа в областта на високите честоти от средата на 1960 години. Броят студенти завършващи специалност в тази област са около 50-80 на година. След 1990 г. по различно време в България са основани: www.endurosat.com – EnduroSat; MatriQx Antenna Systems Company основана през 2017 като част от Satixfy group (www.satixfy.com); RaySat Antenna Systems (RAS, бившата SkyGate) е основана през 1997, а през 2010 RaySat бе придобита от Gilat Satellite Networks (www.gilat.com); VivaCom (<http://www.vivacom.bg/>); BulsatCom Group е собственик на първия Български GEO сателит BulgariaSat-1 изстрелян от SpaceX на 23-ти юни 2017 от космическия център на NASA във Флорида [14].

Компаниите SpaceX, WorldVu, Boeing, Telesat Canada and Iridium, Amazon, Facebook и други планират да участват в извеждането на спътници за работа с 5G [3,15]. През май 2020 г. SpaceX стартира първите си 60 кораба, които работят на земна орбита от около 550 километра (Международната космическа станция е на около 400 км над Земята.) [15]

На адрес <https://www.ui.com/> се предлагат антени като *airFiber 60 GHz/5 GHz Radio System with 1+ Gbps*. Също така на <https://www.ui.com/unifi/unifi-ap-ac-lr/> се предлагат рутери за WiFi с 2.4 GHz и 5 GHz за затворени помещения и за външно ползване. В България също се предлагат рутери за WiFi <https://bazar.bg/obiavi/ruteri?q=5G> с 2.4 GHz и 5 GHz, а също и бебелефони - <https://besto.bg/naj-dobri-bebefoni/> с 2.4GHz

Отрицателните последици от масовото навлизане на настоящите технологии се определят от огромни печалби и незнанието за последиците. Улеснявайки живота ни, тези технологии се превръщат в „наркотик“ с непредвидими последици. Хуманността ни е подчинена на законите на свободния пазар, а те я изключват.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статията са дадени физичните величини характеризиращи преминаването и взаимодействието на нейонизиращото лъчение с човешкото тяло от една страна и с отделните органи от друга. Посочени са основните въздействия на електромагнитното му поле върху биологични тъкани, а също така указани са честотните зависимости на биологично действие на нейонизиращото лъчение и здравните аспекти на тяхното влияние. Във връзка с това са посочени и хигиенните норми за България и други страни, а също и препоръки за предпазване.

Бъдещо развитие е в тази насока е използването на симулационен софтуер за изследване плътността на потока на мощността погълнат от човешкото тяло и отделни органи при различни условия и нейонизиращите лъчения по-големи от 5 GHz, а също така и върху растения и животни.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Chaplin M., *Water Structure and Science*, http://www1.lsbu.ac.uk/water/microwave_water.html#microw.
- [2] Council Recommendation of 12 July 1999 on the limitation of exposure of the general public to electromagnetic fields (0 Hz to 300 GHz) (1999/519 / EC).

- [3] Elizabeth H., 2019. *Space Companies Are Investing Big in 5G Technology*, <https://www.space.com/5g-in-space-internet-satellites.html>
- [4] Gachev M., Dankov Pl., 2019. *Microwaves in Bulgaria*, <https://www.researchgate.net/publication/331642066>.
- [5] *IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Non-Ionizing Radiation, Part 1: Static and Extremely Low-Frequency (ELF) Electric and Magnetic Fields*, 2002. World Health Organization, International Agency For Research On Cancer Press, Lyon, France.
- [6] *IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Non-Ionizing Radiation, Part 2: Radiofrequency Electromagnetic Fields*, 2013. IARC Press, Lyon, France
- [7] *International Committee on Electromagnetic Safety*, <http://www.ices-emfsafety.org/>.
- [8] *International Commission on Non-Ionizing Protection*, <http://www.icnirp.org/>.
- [9] Ordinance № 9 of 1991 on maximum permissible levels of EMF in populated areas and determination of the hygienic-protective zones around radiating sites (Promulgated SG No. 35 of 3 May 1991, amended SG No. 38 of 14 May 1991, amended, SG No. 8 of 22 January 2002). (Наредба № 9 от 1991 г. за пределно допустими нива на ЕМП в населени територии и определяне на хигиенно-защитните зони около излъчващи обекти (Обн. ДВ. бр.35 от 3 май 1991г., попр. ДВ. бр.38 от 14 май 1991г., изм. ДВ. бр.8 от 22 януари 2002 г.))
- [10] Ordinance № 9 on the health and hygiene requirements for the use of personal computers in the education and extracurricular activities of students (Promulgated SG No. 46 of June 7, 1994) (Наредба № 9 за здравно-хигиенните изисквания при използването на персонални компютри в обучението и извънучебните дейности на учениците (Обн. ДВ. бр.46 от 7 юни 1994 г.))
- [11] Ordinance № 7 of September 23, 1999 on the minimum requirements for healthy and safe working conditions at workplaces and when using work equipment (Promulgated SG No. 88/1999, last amended SG No. 40) / 2008) (Наредба № 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 (Обн. ДВ. бр.88 / 1999 г., посл. изм. ДВ. бр.40 / 2008 г.))
- [12] Kwan-Hoong Ng, University of Malaya, Kuala Lumpur, Malaysia, 2003. *Non-Ionizing Radiations– Sources, Biological Effects, Emissions and Exposures*, Proceedings of the International Conference on Non-Ionizing Radiation at UNITEN.
- [13] Larik RSA, Mallah GA, Talpur MMA, Suhag AK and Larik FA, 2016. Effects of Wireless Devices on Human Body, *Journal of Computer Science & Systems Biology*, 9:4, 119-124.
- [14] Okoliyski S., The influence of electromagnetic fields and radiofrequency radiation on human and animal reproduction, *Institute of Biology and Immunology of Reproduction – BAS*, http://focalpointbg.com/files/IEP/2014/7._EMF_S_Okoliyski.docx.pdf.
- [15] Raychaudhuri D., Seskar I., Zussman G., Rangan S, 2018. *IEEE INFOCOM*, <https://www.advancedwireless.org/wp-content/uploads/2018/05/COSMOS-Overview-2018.pdf>, April 2018.
- [16] Shterev Y., Influence of wireless devices on human health, 2019. *XLVII National Conference on Physics Education, Integrated Approach to Physics Education*, April 4-7 2019, Veliko Tarnovo, Publishing House UPB, ISBN 978-954-91841.
- [17] Shterev Y., 2017. Radiation safety of WEB technologies, Collection of scientific reports "Radiation safety in the modern world", Publishing complex of Vasil Levski National High School, 46-58, ISBN 978-954-753-258-8
- [18] World Health Organization, Framework for Developing Health-Based EMF Standards, Switzerland, <http://www.who.int/peh-emf>.
- [19] World Health Organization, International Agency for Research on Cancer, Classifies Radiofrequency Electromagnetic Fields as Possibly Carcinogenic to Humans, <http://www.who.int/en>.
- [20] <https://ehtrust.org/wp-content/uploads/Reducing-EMF-in-School-Classrooms-EHT-.pdf>, 18.02.2019.
- [21] <https://www.5gspaceappeal.org/the-appeal>