

UOT 621.396.1+612.128+612.65

*A.T.Quliyeva*

*AR Elm və Təhsil Nazirliyi akad. A.Qarayev adına Fiziologiya İnstitutu  
aqulieva@icloud.com*

## **PRENATAL İNKİŞAFIN MÜXTƏLİF DÖVRLƏRİNDƏ DESİMETR ELEKTROMAQNİT DALĞALARI İLƏ ŞÜALANMIŞ ORQANİZMİN ANTIOKSİDANT STATUSU**

*Açar sözlər: elektromaqnit dalğaları, siçovullar, prenatal inkişafın dövrləri, katalaza, superoksiddismutaza*

Məqalədə prenatal inkişafın rüşeym və döl dövrlərində ultrayüksək tezlikli qeyri-ionlaşdırıcı elektromaqnit şüalanmasının təsirinə məruz qalan orqanizmin postnatal inkişafında antioksidant fermentlərin aktivliyinin tədqiqinin nəticələri təqdim olunmuşdur. Tədqiqatda 460 MHz tezlikli şüalanma verən “Volna-2” aparatından istifadə edilmişdir. Alınan nəticələrə görə prenatal inkişafın rüşeym dövründə şüalanmaya məruz qalmış analardan alınan 20 və 30 günlük balalarda katalaza və superoksiddismutaza fermentlərinin fəallığı kontrola nisbətən əhəmiyyətli dərəcədə artır. Döl dövründə şüalanmaya məruz qalmış analardan alınan balalarda isə katalaza fermentinin fəallığı kontrola nisbətən 20 və 30 günlük balalarda azaldığı halda, superoksiddismutaza fermentinin fəallığı hər iki yaş dövründə artır. Elektromaqnit dalğalarının təsirindən homeostazın prooksidant-antioksidant tədqiqi göstərdi ki, erkən ontogenezdə, yəni 20 və 30 günlük siçovul balalarında lipid peroksidləşməsinin aktivliyində artım var, bu da prenatal stres sindromunun təzahürü kimi qəbul edilə bilər. Antioksidant potensialının artması oksidləşdirici stresin dərəcəsini azaldan və hüceyrə membranlarının zədələnməsinin qarşısını alan adaptiv (stres məhdudlaşdırıcı) cavab reaksiyasıdır.

*A.Т.Гулиева*

## **АНТИОКСИДАНТНЫЙ СТАТУС ОРГАНИЗМА, ПОДВЕРЖЕННОГО ВЛИЯНИЮ ДЕЦИМЕТРОВОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В РАЗЛИЧНЫЕ ПЕРИОДЫ ПРЕНАТАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ**

*Ключевые слова: электромагнитное излучение, крысы, периоды пренатального развития, каталаза, супероксиддисмутаза*

В статье представлены результаты изучения влияния облучения высокочастотным неионизирующим электромагнитным излучением в эмбриональный и плодный периоды пренатального развития на активность антиоксидантных ферментов при раннем постнатальном онтогенезе. В

исследовании использовался физиотерапевтический аппарат «Волна-2», излучающий в диапазоне УВЧ частот 460 МГц. Согласно полученным результатам, активность ферментов каталазы и супероксиддисмутазы у 20- и 30-дневных крысят от матерей, подвергшихся облучению в эмбриональный период внутриутробного развития, значительно повышается по сравнению с контролем. В то же время, у потомства от матерей, подвергшихся облучению в плодном периоде внутриутробного развития, наблюдается снижение активности фермента каталазы при тех же возрастных группах, тогда как активность фермента супероксиддисмутазы показывает повышенный уровень по отношению к контрольным животным. Прооксидантно-антиоксидантное исследование гомеостаза под воздействием электромагнитных волн показало, что в раннем онтогенезе, а именно у 20-и 30-дневных крысят, наблюдается повышение активности перекисного окисления липидов, что можно рассматривать как проявление синдрома пренатального стресса. Повышение антиоксидантного потенциала, это - реакция адаптивного (стресс-рестриктивного) ответа, которая снижает степень окислительного стресса и предотвращает повреждение клеточных мембран.

*A.T. Guliyeva*

**ANTIOXIDANT STATUS OF ORGANISM AFFECTED BY DECIMETER  
ELECTROMAGNETIC RADIATION DURING  
VARIOUS PERIODS OF PRENATAL DEVELOPMENT**

**Keywords:** *electromagnetic radiation, rats, periods of prenatal development, catalase, superoxide dismutase*

The article presents the results of studying the effect of exposure to high-frequency non-ionizing electromagnetic radiation in the embryonic and fetal periods of prenatal development on the activity of antioxidant enzymes in early postnatal ontogenesis. The study used a physiotherapy device "Volna-2", emitting in the UHF frequency range of 460 MHz. According to the results obtained, the activity of catalase and superoxide dismutase enzymes in 20- and 30-day-old rats from mothers exposed to radiation during the embryonic period of prenatal development significantly increases compared to the control. At the same time, offspring from mothers exposed to radiation in the fetal period of intrauterine development have a decrease in the activity of the catalase enzyme at the same age groups, while the activity of the superoxide dismutase enzyme shows an increased level in relation to control animals. A pro-oxidant-antioxidant study of homeostasis under the influence of electromagnetic radiation showed that in early ontogenesis, namely in 20- and 30-day-old rats, there is an increase in the activity of lipid peroxidation, which can be considered as a manifestation of prenatal stress syndrome. An increase in the antioxidant potential is an adaptive (stress-restrictive) response that reduces the degree of oxidative stress and prevents damage to cell membranes.

## Giriş

Müasir dövrdə radiotezlikli elektromaqnit dalğalarının və ətraf mühitin digər çirkləndiricilərinin təsirinə məruz qalma hamilə ana və onun dölünün sağlamlığına mənfi təsir göstərir ki, bunun da öyrənilməsi böyük əhəmiyyət kəsb edir. Simsiz rabitə cihazlarının artan istifadəsi və bu dalğaların sağlamlığa təsirləri ilə bağlı ziddiyyətli məlumatlar bu sahədə əlavə tədqiqatların aparılmasını aktuallaşdırır. Ədəbiyyatlarda göstərilmişdir ki, aşağı intensivlikli elektromaqnit dalğalarına məruz qalma DNT molekulunda oksidləşdirici stress və struktur dəyişikliklərinə səbəb ola bilər. Bəzi sərbəst radikalların əmələ gəlməsi və DNT molekuluna birləşməsi səbəbindən 8-OHdG biomarkeri yüksəlir ki, bu da sərbəst radikalların təsirindən DNT-nin zədələnməsini göstərir. Bu molekulda mutasiya nəsil-dən-nəsilə ötürülə bilər. Bu hamiləlik zamanı ən ciddi sağlamlıq zərərlərindən biri kimi qəbul edilə bilər, çünki ana və döl bu dövrdə elektromaqnit dalğalarına həssasdır və DNT zədələnməsi və mümkün mutasiyalar dölün anomaliyalarına və ya doğuş qüsurlarına səbəb ola bilər [1]. Digər araşdırmalar göstərmişdir ki, qeyri-istilik təsirə malik olan mobil şüalanmaya məruz qalma, beyin də daxil olmaqla orqanizmin müxtəlif toxumalarında xərçəng kimi xəstəliklərə səbəb ola bilər sərbəst radikalların əmələ gəlməsinə gətirib çıxarır. Sərbəst radikalların artması və antioksidantların zəifləməsindən sonra orqanizmdə oksidləşdiricilərin və antioksidantların miqdarı arasındakı tarazlıq pozulur ki, bu da oksidləşdirici stressə gətirir. Bu oksidləşdiricilər lipidlər, zülallar və DNT kimi makromolekullara zərər verə bilər və nəticədə DNT zədələnməsi və lipidlərin peroksidləşməsi (LPO) hüceyrənin ölümünə səbəb olur [2].

Bundan əlavə aparılan tədqiqatlar nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, insan və heyvanların, xüsusən inkişafın erkən mərhələlərində (blastula, qastrula) embrion inkişafı prosesi sərbəst radikal proseslərinin artan intensivliyi ilə müşayiət olunur. Bu sahədə aparılan tədqiqatlarda elektromaqnit dalğalarının təsirinə məruz qalma nəticəsində oksidləşdirici stress və reaktiv oksigen növlərinin əmələ gəlməsi və hüceyrələrin itirilməsinə səbəb olması, onların sintezinin tormozlanması haqqında məlumatlar var. Oksidləşdirici stress parametrləri yetkin olmayan siçovullarda lipid, hidroperoksid və mileoperoksidaza aktivliyini artır. Radiotezlikli elektromaqnit dalğalarının təsirinə məruz qalma dezoksiribonuklein turşusunun metilləşməsinə, histon modifikasiyasını, xromatinin yenidən qurulmasını və mikroribonuklein turşusunu dəyişə bilər [3; 4; 5]. Canlı orqanizmlərdə oksigenin fəal formaları (OFF) və onların məhsullarının zərərli təsirlərini azaltmaq üçün orqanizmdə qlütation, qlutation peroksidaza, katalaza və superoksiddismutaza kimi antioksidant fermentlər mövcuddur. [6]. Hüceyrələrdə sərbəst radikallara qarşı ilk müdafiə xətti bu birləşmələri effektiv şəkildə neytrallaşdıran superoksiddismutaza (SOD; KF 1.15.1.1), katalaza (KT; KF 1.11.1.6) kimi antioksidant fermentlərin üzərinə düşür.

Ümumiyyətlə, orqanizmdə elektromaqnit dalğalarının təsirindən oksidant-antioksidant sisteminin tarazlığının pozulması baş verir ki, bu da

oksigenin fəal formalarının əmələ gəlməsinə, həm də antioksidant müdafiə zülallarının, katalaza, superoksiddismutaza kimi fermentlərin fəallığının dəyişməsinə səbəb olur [7; 8].

Bu səbəbdən prenatal inkişafın rüşeym və döl dövründə qeyri-ionlaşdırıcı elektromaqnit dalğalarının təsirinə məruz qalmış analardan alınan 20 və 30 günlük balalarda katalaza və superoksiddismutaza fermentlərinin fəallığının öyrənilməsi əsas məqsəd kimi qarşıya qoyulmuşdur.

### **Material və metodlar**

Təcrübələr ağ siçovullar üzərində aparılmışdır. Şüalanma üçün 4 baş rüşeym, 4 baş döl dövrü və 4 baş kontrol heyvanlar götürülmüşdür. Heyvanların şüalanması 460 MHz tezlikli (desimetr diapazonu) şüalanma verən "Volna-2" aparatında aparılmışdır. Heyvanlar cütləşdirilmək üçün 3-4 gün bir qəfəsdə saxlanılmış, sonra ana siçovullar bətdaxili inkişafın rüşeym dövründə 7 gün (boğazlığın 1-6-cı günü), döl dövründə 3-4 gün (boğazlığın 17-21-cı günü) şualandırılmışdır. Şüalanma silindrik metal kamerada, enerji selinin sıxlığı 30 mkVt/sm<sup>2</sup> rejimində (60 Vt çıxış gücünə uyğundur) birdəfəlik şüalanma gündə 20 dəqiqə olmaqla aparılmışdır. Tədqiqat 20 və 30 günlük balalar üzərində aparılmışdır. Ümumi balaların sayı 30 baş olmuşdur. Eritrositlərdə katalaza fermentinin fəallığını təyin etmək üçün Korolyuk [9] üsulundan istifadə olunmuşdur. Üsulun əsas prinsipi hidrogen peroksidin molibden duzları ilə davamlı rəngli kompleks əmələ gətirməsi qabiliyyətinə əsaslanır. Superoksiddismutaza fermentinin fəallığı Dubinina E.E. və başqaları tərəfindən təklif olunmuş üsulun modifikasiya olunmuş forması ilə həyata keçirilmişdir [10]. Üsulun prinsipi fenazinmetasulfatla NADPH arasında gedən reaksiya zamanı əmələ gələn superoksid radikallarının nitrotetrazol göyünü reduksiya etməsinə əsaslanır. Eritrositlərdə malondialdehidinin (MDA) miqdarı Suplotov S.N.və Barkova E.N. metodu ilə təyin olunub [11].

Eksperimental ölçmələrin statistik analizi MS Excel proqramının köməyi ilə Studentin t-kriterisi əsasında aparılmışdır.

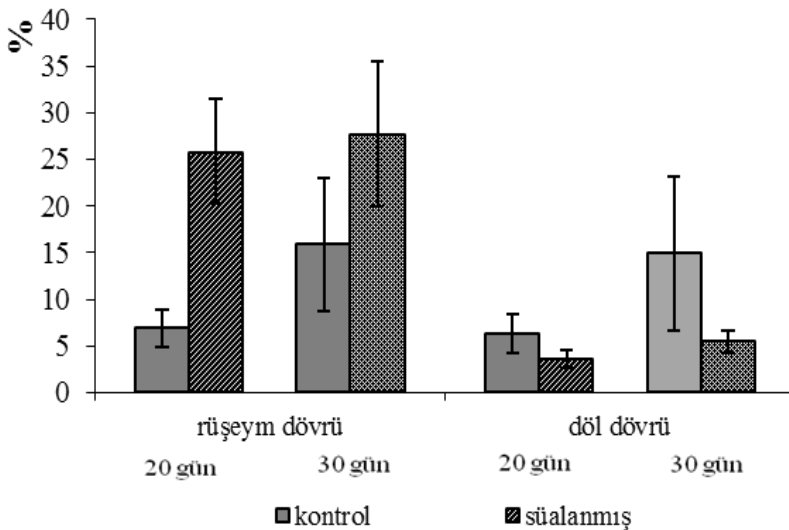
### **Nəticələr və onların müzakirəsi**

Alınan nəticələrə görə prenatal inkişafın rüşeym dövründə şüalanmaya məruz qalmış analardan alınan 20 günlük balalarda MDA-nın miqdarı kontrola nisbətən 47% ( $p<0,05$ ) azalır. Lakin katalaza və superoksiddismutaza fermentlərinin fəallığı əhəmiyyətli dərəcədə artır. Katalaza fermentinin fəallığı kontrola nisbətən 4 dəfə ( $p>0,01$ ), superoksiddismutaza fermentinin fəallığı isə kontrola nisbətən 3 dəfə ( $p>0,001$ ) çox olur. MDA-nın qatılığının azalması və dien konyuqatlarının artması fonunda antioksidant fermentlərinin fəallığının azalması elektromaqnit şüalanmasının qeyri-müəyyən təsirini göstərir. 30 günlük balalarda isə MDA-nın miqdarı kontrola nisbətən 10% ( $p<0,05$ ) artır. Eyni zamanda katalaza

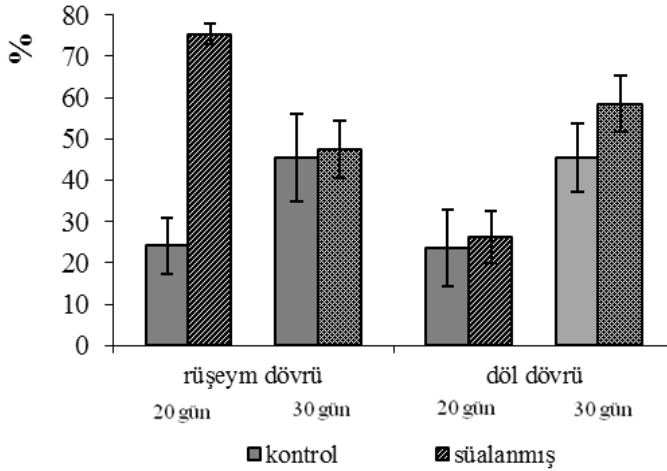
fermentinin fəallığı kontrola nisbətən 74% ( $p<0,05$ ), superoksiddismutaza fermentinin fəallığı isə 4% ( $p<0,05$ ) artır (Şəkil 1; 2)

20 günlük balalara nisbətən 30 günlük balalarda MDA-nın artması ilə əlaqədar olaraq fermentlərin fəallığı azalır. Othman və digərlərinin apardıqları təcrübələrdə göstərilir ki, prenatal inkişaf dövründə şüalanmaya məruz qalmış analardan alınan balalarda doğuşdan sonra postnatal inkişafın 28-ci günündə oksigenin fəal formalarının və lipid peroksidləşməsinin səviyyəsində artım, antioksidantlarda isə (katalaza, SOD) azalma aşkar edilmişdir [12]. Digər tərəfdən məlumdur ki, LPO məhsulları hamiləlik dövründə artır. Bunun səbəbi hamilə qadınlarda sərbəst radikalların protesteronun sintezində iştirak etməsi ilə əlaqədardır.

Döl dövründə şüalanmaya məruz qalmış analardan alınan balalarda MDA-nın miqdarı 20 günlük balalarda kontrola nisbətən 51% ( $p<0,01$ ), 30 günlük balalarda isə 25% ( $p<0,05$ ) artır. Fermentlərin fəallığına gəldikdə isə 20 günlük balalarda katalaza fermentinin fəallığı kontrola nisbətən 43% ( $p<0,05$ ), 30 günlük balalarda isə 63% ( $p<0,05$ ) azalır. Superoksiddismutaza fermentinin fəallığı isə əksinə artır. Belə ki, 20 günlük balalarda kontrola nisbətən fermentin fəallığı 11 % ( $p<0,05$ ), 30 günlük balalarda isə 29% ( $p<0,05$ ) artır (şəkil 1, 2).



**Şəkil 1.** Katalaza fermentinin fəallığına prenatal inkişafın rüşeym və döl dövründə elektromaqnit dalğalarının təsiri



**Şəkil 2.** Superoksiddismutaza fermentinin fəallığına prenatal inkişafın rüşeym və döl dövründə elektromaqnit dalğalarının təsiri

Görünür ki, SOD və katalazanın fəaliyyətinin dəyişməsi dalğavari xarakteri daşıyır. Bütün hallarda təcrübələrdə nəzarət qrupuna nisbətən katalaza fermentinin fəallığının artması, SOD fəallığının əhəmiyyətli dərəcədə azalması fonunda baş verir. Bir çox fermentlər, o cümlədən superoksiddismutaza və katalaza üçün fəaliyyətin çarpaz tənzimlənməsi fenomeni xarakterikdir. Katalaza üçün superoksid anion radikalı mənfi,  $H_2O_2$  isə müsbət effektordur və SOD üçün əksinədir. Bu iki fermentin fəaliyyətində belə çoxistiqamətli dəyişiklik, ədəbiyyat məlumatlarına görə, hipoksiya üçün xarakterikdir. [13]. Digər tərəfdən ədəbiyyat məlumatlarında göstərilir ki, elektromaqnit dalğalarının təsirindən periferik qan damarlarının daralması baş verir. Bu zaman birinci növbədə qarın boşluğunda olan bütün orqanlara, ən başlıcası balalığa daxil olan qan dövrünün təzyiqi pisləşir, maddələr mübadiləsi zəifləyir. Bu da öz növbəsində boğazlıq dövründə dölə qan axınının zəifləməsinə və onun oksigen çatışmazlığından əziyyət çəkməsinə gətirib çıxarır. Deməli alınan nəticələrin səbəblərindən biri də məhz oksigen çatışmazlığı ola bilər [14].

Oksigenin fəal formaları oksidləşdirici stresin inkişafına gətirir və müxtəlif dövrlərdə fizioloji hamiləlik dövründə sərbəst radikal proseslərinin intensivliyini artırır. Bu zaman antioksidant sistemi fermentlərinin fəallığında müşahidə edilən azalma substratların (fəal oksigen növlərinin) azalması və elektromaqnit sahələrinin onların fəallığına birbaşa təsiri ilə həyata keçirilə bilər. Orqanizmdə antioksidanların çatışmazlığı oksidləşdirici stres proseslərinin inkişafına,

proksidant-antioksidant balansında dəyişikliyə səbəb olur. Orqanizmdə antioksidant potensialının artması oksidləşdirici stresin dərəcəsini azaldır və hüceyrə membranının dağılmasının qarşısını alan adaptiv (stress-məhdudlaşdırıcı) cavabdır [15]. Qeyd etdiyimiz kimi balalar doğulduqdan sonra, orqanizmin oksigen təminatı ciddi şəkildə artır və oksidləşdirici stresə yaxın bir vəziyyət yaranır. Toxumalarda oksigenin parsial təzyiqinin artması əvvəllər fəaliyyət göstərməyən bir sıra oksidazalar üçün bir amil olur. Beləliklə, elektron donoru kimi NADFH və ya NADH-dan istifadə edərək molekulyar oksigenin supeoksid radikalına bərpasını kataliz edən fermentlərin aktivləşməsi baş verir.

### Nəticə

Elektromaqnit dalğalarının təsirindən homeostazın prooksidant-antioksidant tədqiqi göstərdi ki, postnatal ontogenezin erkən dövründə, yəni 20 və 30 günlük siçovul balalarında, lipid peroksidləşməsinin aktivliyində artım var, bu da prenatal stres sindromunun təzahürü kimi qəbul edilə bilər. Antioksidant potensialının artması oksidləşdirici stresin dərəcəsini azaldan və hüceyrə membranlarının zədələnməsinin qarşısını alan adaptiv bir cavab reaksiyasıdır.

Beləliklə, orqanizmin prenatal inkişaf dövründə desimetr diapazonlu elektromaqnit dalğaları ilə şüalanması, erkən postnatal ontogenezdə eritrositlərin antioksidant balansında sürüşmələrə gətirir ki, bu da ontogenezin gedişində homeostazın stabilliyinin pozulmalarına səbəb ola bilər.

### ƏDƏBİYYAT

1. *Valavanidis A, Vlachogianni T, Fiotakis C.* 8-hydroxy2'-deoxyguanosine (8-OHdG): a critical biomarker of oxidative stress and carcinogenesis // *J Environ Sci Health C Environ Carcinog Ecotoxicol Rev*, 2009, 27, p. 120-39.
2. *Kubo N, Morita M, Nakashima Y, Kitao H, Egashira A, Saeki H et al.* Oxidative DNA damage in human esophageal cancer: clinicopathological analysis of 8-hydroxydeoxyguanosine and its repair enzyme. // *Dis Esophagus*. 2014, 27, p. 285–93.
3. *Dasdag S, Akdag MZ, Erdal ME, Erdal N, Ay OI, Ay ME, et al.* Effects of 2.4 GHz radiofrequency radiation emitted from Wi-Fi equipment on microRNA expression in brain tissue. // *Int J Radiat Biol*. 2015, 91, p. 555–61.
4. *Gye MC, Park CJ.* Effect of electromagnetic field exposure on the reproductive system // *Clin Exp Reprod Med*. 2012, 39, p. 1–9.
5. *Kaplan S, Deniz OG, Önger ME, Türkmən AP, Yurt KK, Aydın I, et al.* Electromagnetic field and brain development // *J Chem Neuroanat*. 2016, 75, p. 52–61.
6. *Calcabrini C., Mancini U., De Bellis R., Diaz AR., Martinelli M., Cucchiari L. et al.* "Effect of extremely low-frequency electromagnetic fields on antioxidant

- activity in the human keratinocyte cell line NCTC2544 // *Biotechnol Appl Biochem*, 2017, 64 (3), p.415-422.
7. *Mushgunaz Abbasova, Aynur Quliyeva*. Effect of desimetric range electromagnetic waves on total oxidant and antioxidant activities in the blood of rats in prenatal and postnatal ontogenesis //4th international health sciences and innovation congress july 5-6, Baku/Azerbaijan. 2021, p. 429-434.
  8. *Małgorzata Lewicka, Gabriela A. Henrykowska, Krzysztof Pacholski, Janusz Śmigielski, Maciej Rutkowski, Maria Dziedziczak-Buczyńska, Andrzej Buczyński*. The effect of electromagnetic radiation emitted by display screens on cell oxygen metabolism – in vitro studies //*Arch. Med.Sci*, 2015, 11, 6, p. 1330-1339.
  9. *Королюк М.А., Иванова Л.И., Майорова И.Г., Токарев В.Е.* Методы определения активности каталазы //Лабораторное дело, 1988, №1, с.16-19.
  10. *Дубинина Е.Е., Сальникова Л.А., Ефимова Л.Ф.* Активность и изоферментный спектр супероксиддисмутазы эритроцитов и плазмы крови человека // *Лабораторное дело*,. 1983, № 10, с. 30-33.
  11. *Суплютов Н.Н., Баркова Э.Н.* Суточные и сезонные ритмы перекисей липидов и активности супероксиддисмутазы в эритроцитах у жителей средних широт Крайнего Севера // *Лаб дело*, 1986, №8, с. 459-463.
  12. *Othman, H.; Ammari, M.; Rtibi, K.; Bensaid, N.; Sakly, M.; Abdelmelek, H.* Postnatal development and behavior effects of in-utero exposure of rats to radiofrequency waves emitted from conventional WiFi devices. *Environ. //Toxicol. Pharmacol*, 2017, 52, p. 239–247.
  13. *Сторожук П.Г.* Ферменты прямой и косвенной антирадикальной защиты эритроцитов и их роля в инициации процессов оксигенации гемоглобина, антибактериальной защите и делении клеток // *Вестник интенсивной терапии*, 2003, № 3, с. 8-13.
  14. Воздействие ЭМП на беременную женщину и плод. /[https://www.e-reading.club/chapter.php/87016/37/Mobil%27nik\\_-\\_ubiiica.html](https://www.e-reading.club/chapter.php/87016/37/Mobil%27nik_-_ubiiica.html)
  15. *Сиренко В.А., Ноколаева О.В., Павлова Е.А., и др.* Окислительно-антиоксидантный гомеостаз у потомства крыс при повреждении поджелудочной железы вследствие влияния хронического стресса на систему мать-плод. Бюллетень XVI чтений им. В.В. Подвысокого, Одесса, 18-19 мая 2017 г. / Министерство здравоохранения Украины - Одесса. 2017, с. 248-251.

Redaksiyaya daxil olub 27.02.2023