

С.А. Денисенко
Г.І. Губіна-Вакулик
Т.В. Горбач
В.С. Гойдіна

Харківський національний медичний університет, Харків, Україна





Надійшла: 24.09.2022

Прийнята: 15.10.2022

DOI: <https://doi.org/10.26641/1997-9665.2022.3.29-34>

УДК: 57.084:591.461.2-001.2:537.531

МОРФОФУНКЦІОНАЛЬНІ ОСОБЛИВОСТІ НИРОК ЩУРІВ, ЩО ВНУТРІШНЬОУТРОБНО ЗАЗНАЛИ ВПЛИВ НИЗЬКОІНТЕНСИВНОГО ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ САНТИМЕТРОВОГО ДІАПАЗОНУ

Denysenko S.A.  ✉, Gubina-Vakulyck G.I. , Gorbach T.V. , Hoidina V.S.  Morphofunctional features of the kidneys of rats exposed to low-intensity electromagnetic radiation in the centimeter range in utero. Kharkiv National Medical University, Kharkiv, Ukraine.


ABSTRACT. Background. There are serious disputes about possible damaging effects that radiofrequency electromagnetic radiation (EMR) has on various organs and cells of living organisms. The **purpose** of the study was to use the results of a histological study of kidney tissue, as well as metabolic indicators of blood serum and kidney tissue of young mature rats exposed to low-intensity EMR in the centimeter range, indicative of necrosis and apoptosis, to identify the possible role of intrauterine factor in postnatal ontogenesis. **Methods.** In an experimental study on white rats, the effect of EMR before pregnancy and during the bearing of the offspring was simulated. In experimental animals exposed to EMF during intrauterine development, a morphological study of kidney tissue and biochemical parameters in blood serum (LDH activity and sFAS-ligand content) and the level of caspase-3 in kidney tissue was performed. **Results.** All three indicators notice a significantly increased level of destructive processes in the body in general and in the kidney tissue in particular. Histological signs of glomerular inflammation, atrophy and sclerosis (chronic latent glomerulonephritis) were found in the kidneys of young animals exposed to electromagnetic radiation in utero. **Conclusion.** This condition is probably related to the general weakness of intracellular regenerative processes in the kidneys and other organs. An assumption is made about the presence of an increased endogenous burden of blood purification during the disposal of the products of cell death in various tissues, as well as with probably reduced capabilities of phagocytes. The juxtaglomerular complex is morphofunctionally more active, and the tubular epithelium wears out quickly.

Key words: electromagnetic radiation, intrauterine influence, rats, kidneys, blood serum.


Citation:

Denysenko SA, Gubina-Vakulyck GI, Gorbach TV, Hoidina VS. [Morphofunctional features of the kidneys of rats exposed to low-intensity electromagnetic radiation in the centimeter range in utero]. Morphologia. 2022;16(3):29-34. Ukrainian.

DOI: <https://doi.org/10.26641/1997-9665.2022.3.29-34>

 Denysenko S.A. 0000-0002-8457-4436

 Gubina-Vakulyck G.I. 0000-0003-3816-8530

 Gorbach T.V. 0000-0003-4819-7220

 Hoidina V.S. 0000-0002-7062-2003

✉ Svet.Deni@ukr.net

© Dnipro State Medical University, «Morphologia»

Вступ

Людина живе серед електромагнітних полів (ЕМП) природного і техногенного походження. І якщо до природних ЕМП людський організм пристосувався в процесі еволюції, то загальне посилення електромагнітного випромінювання (ЕМВ) у багатьох сферах діяльності людини призводить до зміни біохімічних та фізіологічних параметрів в організмі [1-3]. Внутрішньоутроб-

ний розвиток організму характеризується високою чутливістю до дії факторів зовнішнього середовища, таких як стрес, токсичні речовини та інші, які можуть мати несприятливу дію на плід, що формується, а також певним чином проявлятися в подальшому онтогенезі [4,5]. На сучасному етапі низькоінтенсивне ЕМВ оточує людину в побуті та на виробництві: комп'ютери, телефони, побутові електроприлади, базові станції стільни-

кового зв'язку та багато іншого. Глобальний вплив техногенного ЕМВ на людину постійно збільшується, що свідчить про актуальність для вивчення його впливу в період внутрішньоутробного розвитку плода та для подальшого онтогенезу. У раніше опублікованих працях нашого авторства [6,7], було показано, що у щурів, що пренатально зазнали впливу низькоінтенсивного ЕМВ, у дорослому періоді онтогенезу формується поліендокринний синдром: гіперкортикостеронемія у обох статей, у самок знижено вміст естрадіолу та тестостерону, а у самців підвищена концентрація тестостерону, адреналіну та норадреналіну. Тобто у нащадків, що досягли статевозрілого віку, епігенетично сформувалася гормональна картина, що свідчить про адаптаційний процес до життя в умовах дії ЕМВ. Оскільки нирки також обов'язково беруть участь у загальному адаптаційному процесі, а кількість випадків захворювання нирок у населення багатьох країн, особливо економічно розвинених, з кожним роком збільшується [8,9,10], ми вважали за необхідне оцінити деякі метаболічні показники тканини нирок, показники крові, що характеризують рівень ендогенного навантаження на нирки, та морфофункціональні зміни нирок у дорослих нащадків експериментальних тварин, які під час виношування потомства зазнавали впливу ЕМВ.

Мета дослідження – використовуючи результати гістологічного дослідження тканини нирок, а також індикаторні для некрозу та апоптозу метаболічні показники сироватки крові та тканини нирок молодих статевозрілих щурів, що внутрішньоутробно зазнали впливу низькоінтенсивного ЕМВ сантиметрового діапазону, виявити можливу роль внутрішньоутробної дії ЕМВ, як фактору ризику формування патології нирок в постнатальному онтогенезі.

Матеріали та методи

В експериментальному дослідженні на білих безпородних щурах змодельований вплив ЕМВ до вагітності та під час виношування потомства. Дорослі самки - матері тварин Дгр. - піддавалися впливу ЕМВ сантиметрового діапазону щодня по 4 години протягом 1 місяця до вагітності та протягом усього періоду вагітності. Для опромінення тварин використовувався випромінювач у вигляді рупора прямокутної форми з площею основи 875 см^2 (випромінювач височастотний генератор Г4-190-3/1, що випромінює антена типу П-6-23А). Випромінювання енергії, що виражається в щільності потоку потужності в зоні, де знаходилися експериментальні тварини, становило менше 3 мВт/см^2 (рівень, що не перевищує теплового ефекту) [11]. Тварини – матері нащадків Кгр. - щодня по 4 години на добу втримувалися в камері, що відповідає за розмірами камери приладу. Дослідження проводилося у першій половині дня з урахуванням циркадних

ритмів. Тварини містилися у стандартних умовах віварію. Отримане потомство (Дгр. – 10 особин та Кгр. – 10 особин) виводилося з експерименту у тримісячному віці шляхом декапітації. Постановка експерименту проведена згідно з вимогами до експериментів на тваринах (Страсбург, 1985, Україна, 2001).

Морфологічне дослідження тканин проведено згідно зі стандартною методикою. Використовувалося забарвлення зрізів гематоксиліном-еозином, галоціан-хромовим галуном на нуклеїнові кислоти, ставилася ШІК-реакція. Мікроскопіювання здійснювали на мікроскопі «AxioStar-plus» (Zeiss, ФРН), з подальшою морфометрією на комп'ютерних зображеннях мікропрепаратів за допомогою програми «ВідеоТест» (СПб, РФ). Для біохімічного дослідження використовувалася кров та тканини нирок. У сироватці крові досліджували активність лактатдегідрогенази (ЛДГ) за допомогою набору реактивів («Діакон-ДС», Україна). Для визначення мікрокількостей загального білка в біологічному матеріалі використовували прямий спектрофотометричний метод, заснований на властивості білків поглинати УФ-промені з 2 максимумами в УФ-області ($\lambda=280\text{нм}$; $\lambda=210\text{нм}$) [12,13]. Визначення активності каспази-3 проводили за допомогою імуноферментного набору реактивів фірми Progenia (Німеччина). Визначення вмісту FAST-ліганду проводили імуноферментним методом за допомогою набору реактивів ELISA, Bender MedSystem GmbH.

Статистична обробка результатів здійснювалася за допомогою програми Microsoft Excel 2016 та пакету STATISTICA 13. Статистичний аналіз біохімічних показників проведено методом варіаційної статистики з порівнянням середніх результатів шляхом визначення критерію Стьюдента. Перевірка гіпотез про значущість відмінностей середніх у малих групах проводилася за критерієм Манна – Уїтні (морфометричне дослідження).

Результати та їх обговорення

При виконанні великого дослідження, присвяченого вивченню функціональних і метаболічних змін у нащадків щурів за умов хронічного електромагнітного випромінювання у крові тварин Дгр. було виявлено значне підвищення активності ЛДГ (табл. 1). Підвищення активності ЛДГ у сироватці крові супроводжує будь-які патологічні процеси, у яких відбувається руйнація клітин. Оскільки тварини в експерименті є «практично здоровими», було зроблено припущення про зменшення потенціалу внутрішньоклітинної регенерації в організмі тварин, що внутрішньоутробно зазнали впливу ЕМВ. У зв'язку з цим, можливо, звичайні умови існування тварин зумовили формування дрібних вогнищ некрозу у різних тканинах.

Таблиця 1
Активність ЛДГ в сироватці крові тримісячних
нащадків, $M \pm m$ (мкМ/л)

Показники	Групи	Самки	Самці
ЛДГ	К гр.	278,9±21,2	318,6±16,5
	Д гр.	510,8±18,9*	472,7±22,3*

* $p < 0,05$ – відносно контрольної групи.

Крім того, була виявлена активація іншого виду пошкодження - апоптотичного процесу, що відбувається, в різних тканинах тварин гр.Д, в тому числі в нирковій тканині (табл. 2). Отримано результати визначення двох показників активності апоптозу: сироватковий та в тканині нирок. Вивчення сироваткового маркера апоптозу sFAS-ліганду дозволило виявити достовірне підвищення цього показника у самців та самок Дгр. що можна розглядати як посилення апоптозу в організмі в цілому.

Таблиця 2
Вміст sFAS-ліганду в сироватці крові тримісячних
щурів-нащадків, $M \pm m$ (пМ/л)

Показники	Групи	Самки	Самці
sFAS-ліганд ^a	К гр.	0,29±0,03	0,26±0,07
	Д гр.	0,41±0,05	0,66±0,02*

* $p < 0,05$ – відносно контрольної групи.

Маркером апоптозу у тканинах є каспаза-3. Отримані дані у тканині нирок свідчать про підвищення активності каспази-3 у тварин Дгр. в порівнянні з Кгр (табл. 3).

Таблиця 3
Активність каспази-3 в тканині нирок тримісячних
щурів-нащадків, $M \pm m$, (пМоль/мин/мг білка)

Групи	Самки	Самці
К гр.	0,031± 0,003	0,036± 0,002
Д гр.	0,044± 0,002*	0,045± 0,002*

* $p < 0,05$ – відносно контрольної групи.

Для візуалізації даних фактів було проведено мікроскопічне та морфометричне дослідження нирок цих тварин, особливо гломерул. При мікроскопічному дослідженні нирок у гр.Д, в порівнянні з гр.К, відразу звертає увагу потовщення і більш виражена фуксинофілія стінок капсули Боумена гломерул. Зустрічаються збільшені в розмірах гломерули і поруч - подвійні гломерули, що свідчить про включення компенсаторних механізмів, можливо, ще внутрішньоутробно (рис. 1А).

Однак, морфометричний аналіз гломерул свідчить про те, що тварини гр.Д мають достовірно менші розміри із зменшенням розмірів капілярного клубочка та сечового простору (табл. 4).

Таблиця 4
Морфометричні показники при дослідженні нирок щурів

	Групи	S капілярних клубочків, мкм ²	S окреслена капсулою Шумлянського-Боумена, мкм ²	S сечової порожнини в гломерулах, мкм ²
Самки	К гр	1593.0 [1189.4;2107.3], n=10	2689.3 [2133.2;3635.0], n=10	1096.3 [638.7;1527.7], n=10
	Д гр	1344.3* [1183.4;1615.0], n=12, $p \leq 0.05$	2064.3* [1539.8;2473.7] n=12, $p \leq 0.01$	720.1* [356.4;1006.4], n=12, $p \leq 0.01$
Самці	К гр	1756.8 [1230.4;2251.1], n=10	3170.5 [2282.5;3905.0], n=10	1413.8 [1052.1;1898.3], n=10
	Д гр	1546.7* [1102.5;1618.7], n=12, $p \leq 0.05$	2347.1* [1733.8;2830.8], n=12, $p \leq 0.01$	800.4* [455.4;1173.3], n=12, $p \leq 0.01$

* – відмінності між результатами Кгр. і Огр. статистично значущі.

Багато клубочків нирок тварин гр.Д характеризуються гіперцелюлярністю, що відбувається на фоні зменшеного, як вище зазначалося, розміру капілярного клубочка. При цьому мезангіум розширений з підвищеною фуксинофілією, що вказує на наявність фокального склерозу (рис. 1В); мезангіум інфільтрований підвищеною кількістю макрофагів та лімфоцитів, спостерігаються фіброласти та фіброцити. Крім того, на мікропрепаратах з ШПК-реакцією добре видно потовщення базальної мембрани капілярів клубочків. Причому ці капіляри виявилися такими,

що не «колапсували» після забою тварини, вочевидь, через жорсткість їх стінки. У деяких клубочках тварин у гр.Д спостерігається тотальний склероз. Загальна кількість клітинних елементів у капілярному клубочку однакова з гр.К або навіть збільшена за рахунок макрофагів та лімфоцитів, а також фіброblastів та фіброцитів у мезангіумі. Тоді як кількість ендотеліоцитів капілярів зменшена, що є ознакою атрофії, зменшення кількості капілярних петель у клубочку, про що свідчить також часта «лапчастість» капілярних клубочків.

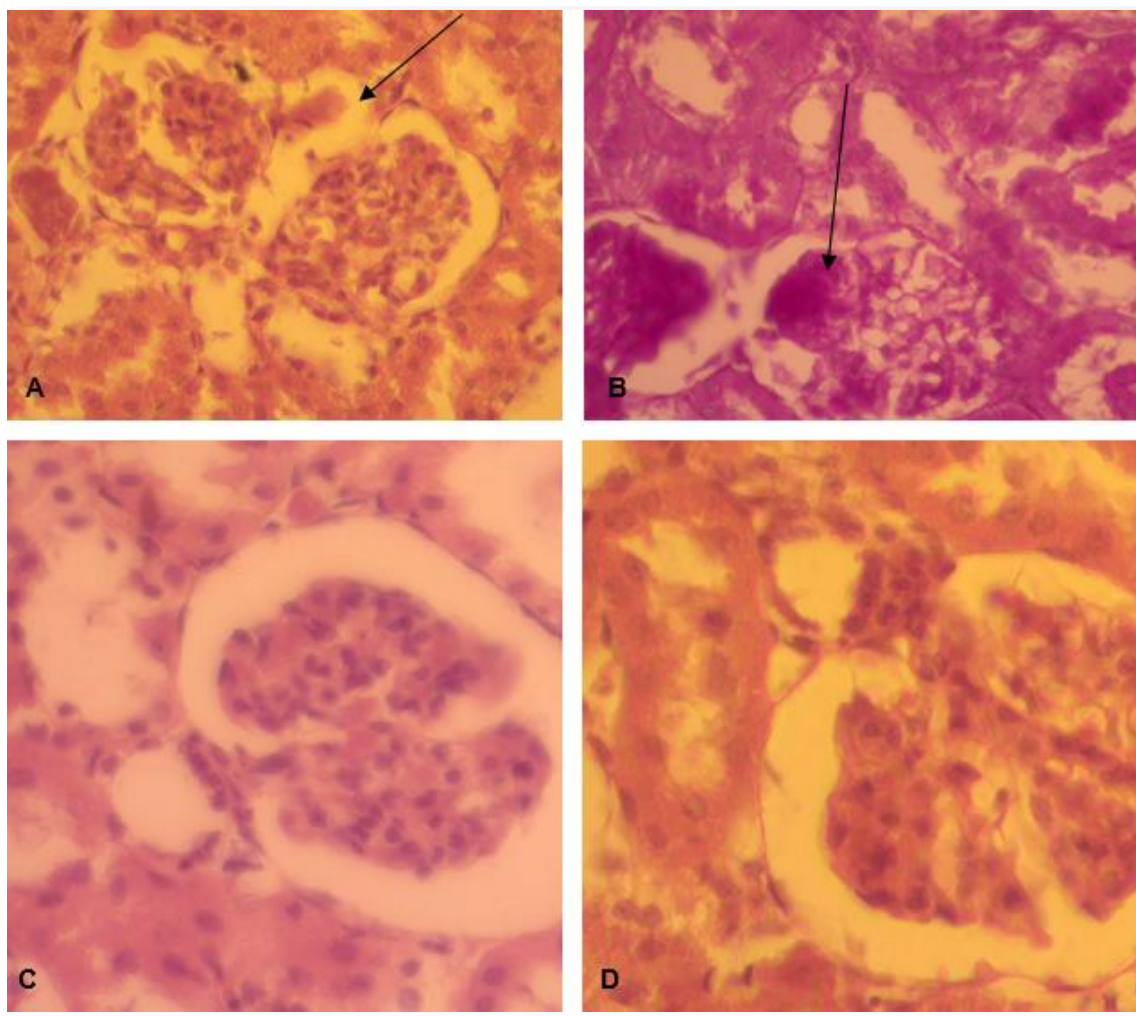


Рис. 1. А - подвійні клубочки у нирці щура Д гр. Фарбування гематоксилином-еозином. Зб. 400; В - фокальний склероз в нирковій гломерулі щура Д гр. зяючі проясніти капілярів з товстими фуксифільними стінками ШІК-реакція. Зб. 400; С - нормальна клітинність юкста-гломерулярного апарату у тварин К гр.; D - гіперплазія юкста-гломерулярного апарату у тварин Д гр. Фарбування гематоксилином та еозином. $\times 400$.

У клубочках глибокого шару кори відзначається виразна морфофункціональна активація юкстагломерулярного апарату нирок (рис. 1С, 1D): має місце гіперплазія ренінпродукуючих клітин, укрупнення та еухромність ядер, збільшений вміст РНК у їх цитоплазмі.

Канальцевий епітелій, як відомо, перебуває у постійному оновленні. Але у гр.Д «практично здорові» тварини мають гістологічну картину прискореної загибелі канальцевих епітеліоцитів у нирці, а морфофункціонально активні канальцеві епітеліоцити мають, у порівнянні з гр.К збільшені, еухромні ядра.

В наш час людина значною мірою піддається дії ЕМВ, і дослідження впливу ЕМВ на організм поширюються [14]. Особливо цікавими є результати внутрішньоутробного впливу ЕМІ [15,16], але вони рідкісні, дані про можливі зміни в нирковій тканині - відсутні

Вивчені в нашому дослідженні показники апоптозу (рівень sFAS-ліганду у сироватці крові

та активність каспази-3 у тканині нирок), а також активність ЛДГ у плазмі крові, як індикатор некротичного процесу, виявилися ключовими, що потребують вивчення гістологічних змін у нирках. Виявляється, змодельовані умови внутрішньоутробного розвитку тварин призвели до того, що у дорослих молодих особин апоптоз в цілому в організмі суттєво посилений, порівняно з тваринами гр.К (на 41% у самок та на 150%! у самців), також апоптоз підсилений і безпосередньо у тканині нирок (на 42% у самок та на 25% у самців). Збільшення активності ЛДГ (показник сироватки крові) приблизно в 1,5 рази прямо свідчить про наявність некротичного процесу в різних тканинах, вочевидь, дуже мілких фокусів. Така висока активність руйнації клітин може бути пов'язаною з недостатньою активністю внутрішньоклітинної регенерації. Група дослідників, використовуючи культуру лімфоцитів та стовбурових клітин, показали, що вплив ЕМВ приводить до конденсації хроматину в ядрах і на

спіралі ДНК гальмує активність білка, з якого починається репарація ураженої ДНК [Belyaev IY зі співавт, Markova E. зі співавт. цит. по 2].

Нирки – це орган с функцією очищення крові, і можна очікувати, що крім результатів швидкої руйнації клітин ниркової тканини, будуть спостерігатися результати більш інтенсивної роботи нирок щодо очищення крові в зв'язку із прискореною руйнацією клітин в тканинах організму в цілому. Мікроскопічне дослідження гломерул показало, що багато з них мають ознаки хронічного запалення, атрофії та склерозу, інакше кажучи, у тварин гр.Д розвивається хронічний латентний гломерулонефрит.

Таким чином, виявлені в нирках тварин гр.Д гістологічні ознаки хронічного запалення клубочків, атрофії та склерозу у молодих тварин можна пов'язати не тільки із загальною слабкістю внутрішньоклітинних регенераторних процесів безпосередньо в нирках, але й з наявністю підвищеного ендогенного навантаження з очищення крові при утилізації продуктів загибелі клітин у різних тканинах, а також, можливо, зі зниженими можливостями фагоцитів.

Надалі необхідно продовження досліджень у цьому напрямку, оскільки даний техногенний фактор зовнішнього середовища – ЕМВ – стає

дуже значним ризик-фактором для здоров'я людини.

Підсумок

Внутрішньоутробний вплив електромагнітного випромінювання сантиметрового діапазону обумовлює виникнення в нирках тих самих тварин в молодому віці на фоні швидко протікаючих в організмі саморуйнівних процесів хронічного латентного гломерулонефриту з початком атрофії і фокального склерозу клубочків. Юктагломерулярний комплекс морфофункціонально більш активний, а канальцевий епітелій швидко зношується.

Перспективи подальших досліджень

У подальших дослідженнях планується вивчити морфофункціональні зміни в ендокринних залозах тварин під час моделювання низькоінтенсивного електромагнітного випромінювання.

Інформація про конфлікт інтересів

Потенційних або явних конфліктів інтересів, що пов'язані з цим рукописом, на момент публікації не існує та не передбачається.

Джерела фінансування

Робота виконана в рамках науково-дослідної теми «Патогенез шкідливої дії на організм екзогенних факторів у сучасних умовах» (номер державної реєстрації 0115U000991).

Літературні джерела References

1. Gruber MJ, Palmquist E, Nordin S. Characteristics of perceived electromagnetic hypersensitivity in the general population. *Scand J Psychol.* 2018;59(4):422-427. PMID: 29741795. DOI: 10.1111/sjop.12449
2. Belyaev I, Dean A, Eger H, Hubmann G, Jandrisovits R, Kern M. Guideline 2016 for the prevention, diagnosis and treatment of EMF-related health problems and illnesses. *Rev Environ Health.* 2016;31(3):363-397. PMID: 27454111. DOI: 10.1515/reveh-2016-0011
3. Stein S, Udasin IG. Electromagnetic hypersensitivity (EHS, microwave syndrome) - Review of mechanisms. *Environ Res.* 2020;186:109445. PMID: 32289567. DOI: 10.1016/j.envres.2020.109445
4. Catic A. Cellular Metabolism and Aging. *Prog Mol Biol Transl Sci.* 2018;155:85-107. PMID: 29653684. DOI: 10.1016/bs.pmbts.2017.12.003
5. Ellisa SD, Dzhenuveina T, Rejnberga D, authors. *Epigenetiz [Epigenetics].* Moskow: Tehnosfera; 2010. 495 p. Russian.
6. Denysenko SA, Gubina-Vakulik GI. [Morphofunctional state of the pituitary-adrenal and pituitary-gonadal systems in rats that underwent prenatal exposure to electromagnetic radiation in the centimeter range]. *Problems of endocrine pathology.* 2007;4:84-89. Russian.
7. Gubina-Vakulik GI, Denysenko SA, Hoidina VS. [To the question of a possible decrease in the average life expectancy of a modern person in connection with the formation of adaptive hormonal shifts under the influence of electromagnetic fields]. In: [Scientific and practical conference "Achievement and prospects of experimental and clinical endocrinology", Twenty Danilevsky Readings; 2021 February 4-5; Kharkiv, Ukraine]. *Endocrinology;* 2021. p. 310. Ukrainian.
8. Ziemba JB, Matlaga BR. Epidemiology and economics of nephrolithiasis. *Investig Clin Urol.* 2017;58(5):299-306. DOI: 10.4111/icu.2017.58.5.299. PMID: 28868500; PMCID: PMC5577325.
9. Romagnani P, Remuzzi G, Glasscock R, Levin A, Jager KJ, Tonelli M, Massy Z, Wanner C, Anders HJ. Chronic kidney disease. *Nat Rev Dis Primers.* 2017;3:17088. DOI: 10.1038/nrdp.2017.88. PMID: 29168475.
10. Yang C, Wang H, Zhao X, Matsushita K, Coresh J, Zhang L, Zhao MH. CKD in China: Evolving Spectrum and Public Health Implications. *Am J Kidney Dis.* 2020;76(2):258-264. DOI: 10.1053/j.ajkd.2019.05.032. Epub 2019 Sep 3. PMID: 31492486.
11. Presman AS, author. *Electromagnitnie polya v dikoy prirode [Electromagnetic fields and*

wildlife]. Moscow: Nauka; 1968. 288 p. Russian.

12. Severin SE, Soloviev GA. [Workshop on biochemistry]. Moscow University. 1989;2:83-85. Russian.

13. Shcherban NG, Gorbach TV, Guseva NR, Denysenko SA. [Laboratory methods for studying the state of the antioxidant system of the body and the level of lipid peroxidation]. Kharkiv State Medical University. 2004;1:36. Russian.

14. Pacchierotti F, Ardoino L, Benassi B, Consales C, Cordelli E, Eleuteri P, Marino C, Sciortino M, Brinkworth MH, Chen G, McNamee JP, Wood AW, Hooijmans CR, de Vries RBM. Effects of Radiofrequency Electromagnetic Field (RF-EMF) exposure on male fertility and pregnancy and birth outcomes: Protocols for a systematic

review of experimental studies in non-human mammals and in human sperm exposed in vitro. Environ Int. 2021;157:106806. DOI: 10.1016/j.envint.2021.106806.

15. Chen JS, Tsai LK, Yeh TY, Li TS, Li CH, Wei ZH, Lo NW, Ju JC. Effects of electromagnetic waves on oocyte maturation and embryonic development in pigs. J Reprod Dev. 2021;67(6):392-401. DOI: 10.1262/jrd.2021-074.

16. Akakin D, Tok OE, Anil D, Akakin A, Sirvanci S, Sener G, Ercan F. Electromagnetic Waves from Mobile Phones may Affect Rat Brain During Development. Turk Neurosurg. 2021;31(3):412-421. DOI: 10.5137/1019-5149.JTN.31665-20.2. PMID: 33759170.

Денисенко С.А., Губіна-Вакулик Г.І., Горбач Т.В., Гойдіна В.С. Морфофункціональні особливості нирок щурів, що внутрішньоутробно зазнали вплив низькоінтенсивного електромагнітного випромінювання сантиметрового діапазону.

РЕФЕРАТ. Актуальність. Існують серйозні суперечки про можливі несприятливі ефекти, які можуть виникати при впливі радіочастотного електромагнітного випромінювання на різні органи і клітини живих організмів. **Мета дослідження** – використовуючи результати гістологічного дослідження тканини нирок, а також індикаторні для некрозу та апоптозу метаболічні показники сироватки крові та тканини нирок молодих статевозрілих щурів, що внутрішньоутробно зазнали вплив низькоінтенсивного ЕМВ сантиметрового діапазону, виявити можливу роль внутрішньоутробної дії ЕМВ, як фактору ризику формування патології нирок в постнатальному онтогенезі. **Матеріали і методи.** В експериментальному дослідженні на білих безпородних щурах змодельований вплив ЕМВ до вагітності та під час виношування потомства. У експериментальних тварин, що піддавалися впливу ЕМВ в період внутрішньоутробного розвитку проведено морфологічне дослідження ниркової тканини та визначення біохімічних параметрів у сироватці крові (активність ЛДГ і вміст sFAS-ліганду) та у нирковій тканині (рівень каспази-3), за якими можна оцінювати рівень деструктивних процесів в організмі. **Результати.** Всі три показники вказують на значно підвищений рівень деструктивних процесів загалом в організмі і саме в тканині нирок. Було виявлено в нирках молодих тварин, які мали вплив ЕМВ внутрішньоутробно, гістологічні ознаки запалення клубочків, атрофії та склерозу (хронічний латентний гломерулонефрит). **Висновки.** Такі зміни можна пов'язати не тільки із загальною слабкістю внутрішньоклітинних регенераторних процесів в нирках, як і в інших органах, але й з наявністю підвищеного ендогенного навантаження з очищення крові при утилізації продуктів загибелі клітин у різних тканинах, а також із вірогідно зниженими можливостями фагоцитів. Юкстагломерулярний комплекс морфофункціонально більш активний, а канальцевий епітелій швидко зношується.

Ключові слова: електромагнітне випромінювання, внутрішньоутробний вплив, щури, нирки, сироватка крові.