

К.Л. Шамелашвілі

Дніпровський державний
медичний університет
Дніпро, Україна

Надійшла: 22.01.2025

Прийнята: 12.03.2025

DOI: <https://doi.org/10.26641/1997-9665.2025.1.107-112>

УДК 599.323.4:591.436:591.3:546.48:616-092.9

ТОКСИЧНИЙ ВПЛИВ КАДМІЮ НА ЖИВИЙ ОРГАНІЗМ

Shamelashvili K.L.  Toxic effects of cadmium on a living organism.

Dnipro State Medical University, Dnipro, Ukraine.

ABSTRACT. Background. The remaining fates will increase the downkill's confusion. In addition, the concentration of important metals in the middle part increases. Heavy metals can destroy various aspects of a person's health. One of these metals is cadmium, which is widely distributed in the medium and can easily bioaccumulate in the body after passing through chemical and herbal pathways. This is a difficult biological period in decline (10-30 years), which leads to irreversible harm to the health of animals and people. **Objective.** To analyze literary sources on the toxic effects of cadmium on a living organism. **Methods.** An extensive collection and analysis of literary scientific data on the effects of cadmium on a living organism was carried out in the scientific and metric databases PubMed, Web of Science, Google Scholar. **Results.** Cadmium mainly accumulates in skins, livers and legs. However, with chronic influx, veins can accumulate in other parts of the body, including the ovaries, cysts, nervous system and immune system, which can lead to various illnesses. Epidemiological studies provide more evidence that this influx can lead to diseases such as osteoporosis from cyst fractures, neurodegenerative disorders, infertility, etc. **Conclusion.** To promote a healthy way of living, as well as to promote effective preventive measures and improve public health, continuous monitoring of individuals who are professionally susceptible to the influx of important metals such as cadmium. And understanding the nature and mechanisms of the action of cadmium makes it possible to develop methods for correcting environmental and mental disorders in a living organism.

Key words: cadmium, heavy metal, toxic effect.

Shamelashvili KL. [Toxic effects of cadmium on a living organism]. Morphologia. 2025;19(1):101-12. Ukrainian.

DOI: <https://doi.org/10.26641/1997-9665.2025.1.101-112>

 Shamelashvili K.L. 0000-0001-5509-3011

 Shamelashvili2018@gmail.com

© Dnipro State Medical University, «Morphologia»

Вступ

Забруднення навколишнього середовища, ґрунту, води та повітря важкими металами стає глобальною проблемою у зв'язку зі швидким розвитком та модернізацією промисловості [1,2]. Ця постійна проблема в першу чергу обумовлена геологічною та антропогенною діяльністю, що розширюється, та пов'язана зі збільшенням видобутку корисних копалин і розвитком сільського господарства [3]. Важкі метали це хімічні елементи які мають властивості металів і мають значну атомну вагу або щільність. На відміну від органічних забруднювачів, важкі метали не піддаються біологічному розкладу. Більшість важких металів токсичні і небезпечні, оскільки вони можуть потрапляти в організм людини через їжу, воду, повітря і контакт зі шкірою і легко накопичуватися в органах тіла і живих організмах [4,5]. До таких металів відносяться залізо (Fe), цинк (Zn) та селен (Se). Однак деякі важкі метали, такі як кадмій (Cd), свинець (Pb), миш'як (As) і нікель (Ni), можуть негативно впливати на здоров'я людини,

включаючи збільшення ризику розвитку інфекцій та підвищений ризик аутоімунних захворювань та різних видів раку, навіть у невеликих кількостях [8].

Кадмій (Cd) – важкий метал, який згубно впливає на навколишнє середовище та здоров'я людини. Кадмій існує у природі у формі руди. Цей елемент був відкритий Ф. Штрмейером в Геттінгені, Німеччина, в 1817 році [9]. Його викид у довкілля з природних чи антропогенних джерел може призвести до забруднення ґрунту та продуктів харчування. Кадмій широко використовується у сталеливарній та авіаційній промисловості, виробництві пластмас або акумуляторів, пігментів для фарб при виплавці цинку або свинцю, гальванізації сталі, виробництві телевізійних екранів та фосфатних добрив [10,11]. Таким чином, люди, які працюють на таких виробництвах, більшою мірою зазнають впливу цього металу. Однак для населення в цілому основними джерелами щоденного впливу кадмію є забруднені продукти

харчування або водопостачання. Більше того, повідомлялося, що листя тютюну накопичують високий рівень кадмію із ґрунту, який є основним непрофесійним джерелом впливу Cd для курців та пасивних курців [12]. Таким чином люди постійно піддаються впливу низьких рівнів Cd, в основному через їжу та споживання води, сигаретний дим, забруднене повітря та професійний контакт [13]. Поглинений Cd не може ефективно виводитись і, таким чином, накопичується в організмі людини протягом усього життя з тривалим біологічним періодом напіврозпаду 15–30. Кадмій в основному накопичується в нирках, печінці та легенях. Однак при хронічному впливі Cd може накопичуватися в інших частинах тіла, включаючи серце, аорту, кістки та кишечник [14], що призводить до різних захворювань. Токсичність кадмію викликає проблеми з нирками (пошкодження каналців та клубочків), остеопороз, дисфункцію яєчок та рак [8, 15], в тому числі і рак печінки, простати, молочної залози, легень, нирок, шкіри та підшлункової залози [16, 17]. За даними Міжнародного агентства з дослідження раку, кадмій та його сполуки були класифіковані як канцерогени групи 1 [18]. Крім того, кадмій несприятливо впливає і на імунну систему [19].

Мета

Проаналізувати літературні джерела щодо токсичного впливу кадмію на живий організм.

Матеріали та методи

Було проведено широкий збір та аналіз літературних наукових даних щодо впливу кадмію на живий організм у науково-метричних базах PubMed, Web of Science, Google Scholar.

Результати та їх обговорення

Вплив кадмію на жіночу статеву систему

Згідно з дослідженнями, кадмій здатний накопичуватися в яєчниках, зрештою впливаючи на якість ооцитів і ембріонів, що розвиваються. Були виявлені порушення структури та функцій яєчників з пошкодженням різних органел, таких як ендоплазматичний ретикулум, мітохондрії, апарат Гольджі та зміни ендометрію, деградація жовтого тіла, розташування фолікулів та жовтого тіла у поєднанні зі збільшенням кількості атрезованих фолікулів [20, 21]. Варто також враховувати, що кадмій може сприяти розвитку злоякісних новоутворень, пов'язаних з естрогенами, таких як рак яєчників, який є найбільш смертельним раком у жінок [22]. Згідно з дослідженнями, кадмій також негативно впливає і на фолікулярні клітини. Може викликати окислювальний стрес, апоптоз та зупинку клітинного циклу, що призводитиме до пошкоджень яєчника та фолікулярної атрезії [23].

Дослідження показали, що кадмій також може інгібувати овогенез, посилюючись на те, що витіснення першого полярного тільця було заблоковано, отже, впливаючи на процес мейозу ооцитів [24]. Інший механізм токсичності Cd, що ле-

жить в основі, що перешкоджає дозріванню ооцитів, полягає в порушенні організації цитоскелета, пошкодженні функції мітохондрій і зміні модифікацій гістонів [25]. Кадмій також має цитотоксичну дію на фолікулогенез, переважно через окислювальний стрес, що спричиняє каскад ушкоджень.

Вплив кадмію на чоловічу статеву систему

Кадмій легко проникає через гемато-тестикулярний бар'єр, тим самим ушкоджуючи клітини яєчок та знижуючи кількість сперматозоїдів, зрештою впливаючи на сперматогенез. Він може викликати окислювальний стрес і загибель клітин, викликаючи репродуктивну токсичність за допомогою різних механізмів, включаючи шкідливий вплив на клітини Сертолі та Лейдига. Вплив низьких доз Cd може спричинити зниження синтезу тестостерону в яєчках [26].

Кадмій виявляється в сім'яній рідині. Його токсичність для сперматозоїдів зазвичай приписувалася втручанням у фазу диференціювання зародкової лінії в яєчках через порушення щільних контактів між клітинами Сертолі та дисбаланс окислювально-відновної системи клітини шляхом зміни гомеостазу мікроелементів, таких як мідь та цинк. Додаткове механістичне порушення окисно-відновної системи клітини під впливом кадмію було визначено через пряме порушення мітохондріального дихального ланцюга або через незворотні окислювальні модифікації внутрішньоклітинних антиоксидантних білків, таких як тіоредоксин 1 і пероксиредоксин 1, [27, 28]. Однак було висловлено припущення, що Cd, виявлений в сім'яній рідині, може чинити можливий прямий вплив навіть на повністю диференційовані і функціонально зрілі сперматозоїди [29].

Вплив кадмію на сечову систему

Cd накопичується в нирках, в основному в епітеліальних клітинах проксимальних каналців, а високі рівні викликають пошкодження нирок [30, 31]. Протеїнурія може бути одним із найбільш тривалих симптомів, за яким йде глюкозурія, аміноацидурія, підвищене виділення кальцію та фосфору із сечею та підвищена концентрація креатиніну. Токсична нефропатія часто є єдиним наслідком впливу кадмію [33, 34].

Вплив кадмію на опорно-рухову систему

Дослідження показали, що вплив кадмію, навіть при низьких рівнях у навколишньому середовищі, може призвести до зниження кісткової маси та підвищення ризику остеопорозу та переломів кісток. Біологічні механізми, за допомогою яких цей важкий метал може надавати свій токсичний вплив на структуру кісток, складні і поки що повністю не з'ясовані. Остеопороз, викликаний кадмієм, може бути пов'язаний з пошкодженням нирок, які також зазнали впливу цього металу, за рахунок зниження реабсорбції в ниркових каналцях та збільшення екскреції з сечею таких елементів, як кальцій та фосфор, які мають вирішальне значення для підтримки метаболізму та здоров'я

кісток. Кадмій може чинити і пряму остеотоксичну дію, яка може виникати незалежно від ниркової дисфункції. Гомеостаз кісткової тканини підтримується балансом між опосередкованим остеобластами утворенням кісток та опосередкованою остеокластами резорбцією кісток. Дисбаланс у ремоделюванні кісток призводить до втрати кісткової маси та остеопору. Кадмій здатний порушувати диференціацію та метаболізм остеобластів та їх попередників, стимулює утворення та активність остеокластів, перешкоджає виробленню кісткового колагену та прискорює ремоделювання кісток [35–37]. Механізми, що лежать в основі згубного впливу Cd на метаболізм кісток, не вивчені до кінця, але, ймовірно, вони включають клітинне старіння, окислювальний стрес, пошкодження ДНК, дисфункцію мітохондрій, апоптоз і аутофагію [38].

Вплив кадмію на нервову систему

Кадмій має кілька основних шляхів токсичного ураження нервової системи. Він спочатку потрапляє в організм або через вдихання, при цьому він може накопичуватися в нюховій цибулині, або, що більш поширене, через їжу, зрештою потрапляючи в кровотік і центральну нервову систему через гематоенцефалічний бар'єр. Кадмій послаблює гематоенцефалічний бар'єр, тим самим збільшуючи можливість подальшого проникнення цього металу. Потім кадмій може проникати у клітини та клітинні компартменти через переносники кальцію та цинку. Внутрішньоклітинний кадмій може глибоко порушувати метаболізм глікогену, змінювати сигналізацію нейротрансмітерів та порушувати функцію мітохондрій, що, у свою чергу, збільшує ризик нейродегенеративних захворювань [39]. Вважається, що Cd може відігравати роль у розвитку захворювань, пов'язаних з центральною нервовою системою, таких як хвороба Альцгеймера, хвороба Паркінсона, хвороба Хантінгтона, бічний аміотрофічний склероз та розсіяний склероз поведінкових функцій [40, 41].

Вплив кадмію на імунну систему організму

Кадмій несприятливо впливає на імунну систему. Він підвищує експресію деяких запальних медіаторів та маркерів та змінює імунні реакції, функцію лімфоцитів, вироблення цитокінів та

імуноглобулінів [42, 43]. Вплив кадмію викликає зміни у кількості, дозріванні та функції Т-клітин за допомогою комплексного впливу на такі клітини, як макрофаги, натуральні кілери (NK), клітини селезінки та клітини тимусу. Гострий вплив кадмію впливає на імунну систему та клітинні структури за допомогою посилення генерації активних форм кисню (АФК), що, своєю чергою, викликає окислювальний стрес. Високі рівні АФК, викликані кадмієм у навколишньому середовищі, можуть завдати шкоди імунітету та клітинним структурам, включаючи ліпіди, білки та ДНК через їхню реактивність з АФК. Хронічний вплив кадмію призводить до змін у рівнях цитокінів. Індукуючи окислювальний стрес і знижуючи регуляцію специфічних для Т-клітин цитокінів, кадмій може викликати апоптоз Т-клітин [44, 45]

Підсумок

Кадмій – один із найтоксичніших елементів. Його дії людина може піддаватися на роботі або у повсякденному житті. Вплив кадмію відбувається в основному через дихальні шляхи, їжу та воду, і після абсорбції елемент зберігається в організмі та накопичується протягом усього життя. Відомо, що кадмій порушує роботу різних систем організму, включаючи дихальну, неврологічну, репродуктивну, опорно-рухову, сечовидільну, імунну систему тощо. Для підтримки здорового способу життя, а також для впровадження ефективних профілактичних заходів та покращення громадського здоров'я потрібен постійний моніторинг осіб, які професійно піддаються впливу важких металів, в тому числі і кадмію. А розуміння характеру та механізмів дії сполук кадмію дає можливість розробити методи корекції екологічно-обумовлених порушень у живому організмі.

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

Дослідження проведено в рамках науково-дослідної теми «Біологічні основи морфогенезу органів та тварин під впливом мікроелементів та ультрамікроелементів в експерименті» (номер державної реєстрації 0118U006635).

Літературні джерела References

1. Feng W, Dong T, Li K, Wang T, Chen Z, Wang R. Characterization of binding behaviors of Cd²⁺ to rice proteins. *Food Chem.* 2019;275:186–92. doi: 10.1016/j.foodchem.2018.09.123.
2. Yao Y, Wu H, Ping J. Simultaneous determination of cd (II) and Pb (II) ions in honey and milk samples using a single-walled carbon nanohorns modified screen-printed electrochemical sensor. *Food Chem.* 2019;274:8–15. doi: 10.1016/j.foodchem.2018.08.110.
3. Maqsood UH, Sadam H, Muhammad A, Atif A, Hafiz A K, Shaista J, Muhammad S, Quanzhen W, Mingke Y, Kadambot H M S, Muhammad T. Calcium oxide nanoparticles ameliorate cadmium toxicity in alfalfa seedlings by depriving its bioaccumulation, enhancing photosystem II functionality and antioxidant gene expression. *Sci Total Environ.* 2024;955:176797. doi: 10.1016/j.scitotenv.2024.176797.
4. Lee C-Y, Su C-H, Tsai P-K, Yang M-L, Ho

- Y-C, Lee S-S, Chen CH, Chen WY, Lin ML, Chen CJ, Chian CY, Huang-Liu R, Chang YL, Kuan YH. Cadmium nitrate-induced neuronal apoptosis is protected by N-acetyl-L-cysteine via reducing reactive oxygen species generation and mitochondria dysfunction. *Biomed Pharmacother.* 2018;108:448–56. doi: 10.1016/j.biopha.2018.09.054.
5. Caini S, Bendinelli B, Masala G, Saieva C, Lundh T, Kyrtopoulos SA, Palli D. Predictors of erythrocyte cadmium levels in 454 adults in Florence. *Italy Science of the Total Environment.* 2018;644:37–44. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.06.347.
6. Esposito F, Nardone A, Fasano E, Scognamiglio G, Esposito D, Agrelli D, et al. A systematic risk characterization related to the dietary exposure of the population to potentially toxic elements through the ingestion of fruit and vegetables from a potentially contaminated area. A case study: the issue of the "land of fires" area in Campania region, Italy. *Environ Pollut.* 2018;243:1781–90. doi: 10.1016/j.envpol.2018.09.058.
7. Dai J, Zhang L, Du X, Zhang P, Li W, Guo X, et al. Effect of Lead on antioxidant ability and immune responses of Crucian carp. *Biol Trace Elem Res.* 2018;1:8.
8. Ebrahimi M, Khalili N., Razi S., Keshavarz-Fathi, M., Khalili N., & Rezaei, N. Effects of lead and cadmium on the immune system and cancer progression. *Journal of Environmental Health Science and Engineering.* 2020;18(1):335–43. doi:10.1007/s40201-020-00455-2
9. John E. *The Elements.* 2nd ed. Oxford : Clarendon Press; 1991.
10. Lee C-Y, Su C-H, Tsai P-K, Yang M-L, Ho Y-C, Lee S-S, Chen CH, Chen WY, Lin ML, Chen CJ, Chian CY, Huang-Liu R, Chang YL, Kuan YH. Cadmium nitrate-induced neuronal apoptosis is protected by N-acetyl-L-cysteine via reducing reactive oxygen species generation and mitochondria dysfunction. *Biomed Pharmacother.* 2018;108:448–56. doi: 10.1016/j.biopha.2018.09.054.
11. Caini S, Bendinelli B, Masala G, Saieva C, Lundh T, Kyrtopoulos SA, Palli D. Predictors of erythrocyte cadmium levels in 454 adults in Florence. *Italy Science of the Total Environment.* 2018;644:37–44. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.06.347.
12. Järup L, Åkesson A. Current status of cadmium as an environmental health problem. *Toxicology and Applied Pharmacology.* 2009;238(3):201–8. doi:10.1016/j.taap.2009.04.020
13. Jingwen Q, Qiang W, Xiaomei S, Yongjun L. The environment and female reproduction: Potential mechanism of cadmium poisoning to the growth and development of ovarian follicle, *Ecotoxicol Environ Saf.* 2022;244:114029. doi: 10.1016/j.ecoenv.2022.114029
14. Tai YT, Chou SH, Cheng CY, Ho C-T, Lin HC, Jung SM, Chu PH, Ko FH. The preferential accumulation of cadmium ions among various tissues in mice. *Toxicol Rep.* 2022;9:111-9, DOI: 10.1016/j.toxrep.2022.01.002
15. Chou SH, Lin HC, Chen SW, Tai YT, Jung SM, Ko FH, Su PJ, Chu PH. Cadmium exposure induces histological damage and cytotoxicity in the cardiovascular system of mice. *Food Chem Toxicol.* 2023;175:113740. doi: 10.1016/j.fct.2023.113740.
16. Shan Z, Wei Z, Shaikh ZA. Suppression of ferroportin expression by cadmium stimulates proliferation, EMT, and migration in triple-negative breast cancer cells. *Toxicol Appl Pharmacol.* 2018;356:36–43. doi: 10.1016/j.taap.2018.07.017.
17. Richardson JB, Dancy BC, Horton CL, Lee YS, Madejczyk MS, Xu ZZ, et al. Exposure to toxic metals triggers unique responses from the rat gut microbiota. *Sci Rep.* 2018;8(1):6578 DOI: 10.1038/s41598-018-24931-w
18. IARC. Working group on the evaluation of carcinogenic risks to humans: inorganic and organic lead compounds. IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Lyon (FR): International Agency for Research on Cancer; 2006.
19. Liaw F-Y, Chen W-L, Kao T-W, Chang Y-W, Huang C-F. Exploring the link between cadmium and psoriasis in a nationally representative sample. *Sci Rep.* 2017;7(1):1723. doi: 10.1038/s41598-017-01827-9
20. Nna VU, Usman UZ, Ofutet EO, Owu DU. Quercetin exerts preventive, ameliorative and prophylactic effects on cadmium chloride - induced oxidative stress in the uterus and ovaries of female Wistar rats. *Food Chem. Toxicol.* 2017;102:143-55. doi: 10.1016/j.fct.2017.02.010.
21. Wang Y, Wang X, Wang Y, Fan R, Qiu C, Zhong S, Luo D. Effect of Cadmium on Cellular Ultrastructure in Mouse Ovary. *Ultrastructural Pathology.* 2015;39(5): 324–8. doi:10.3109/01913123.2015.1027436
22. Ataei N, Aghaei M, Panjehpour M. The protective role of melatonin in cadmium-induced proliferation of ovarian cancer cells *Res Pharm. Sci.* 2018;13(2):159-67. doi: 10.4103/1735-5362.223801.
23. Zhu M, Miao S, Zhou W, Elnesr SS, Dong X, Zou X. . Corrigendum to: "MAPK, AKT/FoxO3a and mTOR pathways are involved in cadmium regulating the cell cycle, proliferation and apoptosis of chicken follicular granulosa cells". *Ecotoxicology and Environmental Safety.* 2021;217:112187. doi:10.1016/j.ecoenv.2021.112187
24. Liu J, Lu X, Wang W, Zhu J, Li Y, Luo L, Zhang W. Activity of MPF and expression of its related genes in mouse MI oocytes exposed to cadmium. *Food and Chemical Toxicology.* 2018;112:332–41. doi:10.1016/j.fct.2017.12.046
25. Zhu J-Q, Liu Y, Zhang J-H, Liu Y-F, Cao J-Q, Huang Z-T, Liu Z-P. Cadmium Exposure of Female Mice Impairs the Meiotic Maturation of Oocytes and Subsequent Embryonic Development. *Toxicological Sciences.* 2018;164(1):289–299.

doi:10.1093/toxsci/kfy089

26. Jia D, Huang W, Yin Q, Wang H, Wang Z, Zhang M, Gong W, Wang R, Zhu Y, Ji Y. Melatonin alleviates ferroptosis triggered by cadmium via regulating ferritinophagy and iron metabolism in spermatogonia. *Sci Rep.* 2025;15(1):8910. doi: 10.1038/s41598-025-93822-8.

27. Cao W, Liu X, Huang X, Liu Z, Cao X, Gao W. Hepatotoxicity-related oxidative modifications of thioredoxin 1/peroxiredoxin 1 induced by different cadmium-based quantum dots. *Anal. Chem.* 2022;94:3608–16. doi: 10.1021/acs.analchem.1c05181

28. Wang Y, Chi H, Xu F, He Z, Li Z, Wu F. Cadmium chloride-induced apoptosis of HK-2 cells via interfering with mitochondrial respiratory chain. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 2022;236:113494. doi: 10.1016/j.ecoenv.2022.113494

29. Pappalardo C, Cosci I, Moro G, Stortini AM, Sandon A, De Angelis C, Galdiero G, Trifuoggi M, Pivonello R, Pedrucci F, Di Nisio A, Foresta C, Ferlin A, De Toni L. Seminal cadmium affects human sperm motility through stable binding to the cell membrane. *Front Cell Dev Biol.* 2023;11:1134304. doi: 10.3389/fcell.2023.1134304

30. Genchi G, Sinicropi MS, Lauria G, Carocci A, Catalano A. The Effects of Cadmium Toxicity. *Int. J. Environ. Res. Public Health.* 2020;17:3782. doi: 10.3390/ijerph17113782.

31. Prozialeck W.C., Edwards J.R. Mechanisms of cadmium-induced proximal tubule injury: New insights with implications for biomonitoring and therapeutic interventions. *J. Pharm. Exp.* 2012;343:2–12. doi: 10.1124/jpet.110.166769

32. Satarug S. Is Chronic Kidney Disease Due to Cadmium Exposure Inevitable and Can It Be Reversed? *Biomedicines.* 2024;12(4):718. doi: 10.3390/biomedicines12040718

33. Li H, Fagerberg B, Sallsten G, Borné Y, Hedblad B, Engström G, Barregard L, Andersson EM. Smoking-induced risk of future cardiovascular disease is partly mediated by cadmium in tobacco: Malmö Diet and Cancer Cohort Study. *Environ. Health.* 2019;18:56. doi: 10.1186/s12940-019-0495-1.

34. Lech T, Sadlik JK. Cadmium concentration in human autopsy tissues. *Biol. Trace Elem. Res.* 2017;179:172–7. doi: 10.1007/s12011-017-0959-5.

35. Lv YJ, Song J, Xiong LL, Huang R, Zhu P, Wang P, Liang XX, Tan JB, Wang J, Wu SX. Association of environmental cadmium exposure and bone remodeling in women over 50 years of age. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 2021;211:111897. doi: 10.1016/j.ecoenv.2021.111897

36. Ma Y, Ran D, Zhao H, Song R, Zou H, Gu

J, Yuan Y, Bian J, Zhu J, Liu Z. Cadmium exposure triggers osteoporosis in duck via P2X7/PI3K/AKT-mediated osteoblast and osteoclast differentiation. *Sci. Total Environ.* 2021;750:141638. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.141638.

37. Wang M, Liu J, Zhu G, Chen X. Low levels of cadmium exposure affect bone by inhibiting Lgr4 expression in osteoblasts and osteoclasts. *J. Trace Elem. Med. Biol.* 2022;73:127025. doi: 10.1016/j.jtemb.2022.127025.

38. Kunioka CT, Manso MC, Carvalho M. Association between Environmental Cadmium Exposure and Osteoporosis Risk in Postmenopausal Women: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Int J Environ Res Public Health.* 2022;20(1):485. doi: 10.3390/ijerph20010485

39. Arruebarrena MA, Hawe CT, Lee YM, Branco RC. Mechanisms of Cadmium Neurotoxicity. *Int J Mol Sci.* 2023;24(23):16558. doi: 10.3390/ijms242316558

40. Ruczaj A, Brzóska MM. Environmental exposure of the general population to cadmium as a risk factor of the damage to the nervous system: A critical review of current data. *J. Appl. Toxicol.* 2023;43:66–88. doi: 10.1002/jat.4322.

41. Syeda T, Cannon JR. Environmental exposures and the etiopathogenesis of Alzheimer's disease: The potential role of BACE1 as a critical neurotoxic target. *J. Biochem. Mol. Toxicol.* 2021;35:e22694. doi: 10.1002/jbt.22694

42. Yin Y, Zhang P, Yue X, Du X, Li W, Yin Y, et al. Effect of sub-chronic exposure to lead (Pb) and *Bacillus subtilis* on *Carassius auratus gibelio*: bioaccumulation, antioxidant responses and immune responses. *Ecotoxicol Environ Saf.* 2018;161:755–62. doi: 10.1016/j.ecoenv.2018.06.056.

43. Zhang Q, Huang Y, Zhang K, Yan Y, Wu J, Wang F, Zhao Y, Xu H, Jiang W, Yu D, Chen Y, Ye D. Progesterone attenuates hypertension and autoantibody levels to the angiotensin II type 1 receptor in response to elevated cadmium during pregnancy. *Placenta.* 2018;62:16–24. doi: 10.1016/j.placenta.2017.12.004.

44. Cao J, Xu X, Zhang Y, Zeng Z, Hylkema MN, Huo X. Increased memory T cell populations in Pb-exposed children from an e-waste-recycling area. *Sci Total Environ.* 2018;616:988–95. doi: 10.1016/j.scitotenv.2017.10.220.

45. Ebrahimi M, Khalili N, Razi S, Keshavarz-Fathi M, Khalili N, Rezaei N. Effects of lead and cadmium on the immune system and cancer progression. *J Environ Health Sci Eng.* 2020;18(1):335–43. doi: 10.1007/s40201-020-00455-2

Шамелашвілі К.Л. Токсичний вплив кадмію на живий організм.

РЕФЕРАТ. Актуальність. Останніми роками збільшується забруднення довкілля. У тому числі зростає концентрація важких металів у навколишньому середовищі. Тяжкі метали можуть порушувати різні аспекти здоров'я людини. Одним із таких металів є кадмій, який широко поширений у навколишньому середовищі і може легко біоакмулюватись в організмі після проходження через дихальні та травні шляхи.

Cd має тривалий біологічний період напіврозпаду (10-30 років), що завдає незворотної шкоди здоров'ю тварин і людей. **Мета.** Проаналізувати літературні джерела щодо токсичного впливу кадмію на живий організм. **Методи.** Було проведено широкий збір та аналіз літературних наукових даних щодо впливу кадмію на живий організм у науково-метричних базах PubMed, Web of Science, Google Scholar. **Результати** Кадмій в основному накопичується в нирках, печінці та легенях. Однак при хронічному впливі він може накопичуватися в інших частинах тіла, включаючи яєчники, кістки, нервову та імунну системи, що призводить до різних захворювань. Епідеміологічні дослідження надають більше доказів того, що цей вплив може призвести до таких хвороб як остеопороз із переломами кісток, нейродегенеративні розлади, безпліддя і т.п. **Підсумок.** Для підтримки здорового способу життя, а також для впровадження ефективних профілактичних заходів та покращення громадського здоров'я потрібен постійний моніторинг осіб, які професійно піддаються впливу важких металів, таких як кадмій. А розуміння характеру та механізмів дії сполук кадмію дає можливість розробити методи корекції екологічно-обумовлених порушень у живому організмі.

Ключові слова: кадмій, важкий метал, токсичний ефект.