

УДК 504:658

DOI <https://doi.org/10.32782/wba.2024.2.11>

## ОЦІНКА РИЗИКУ ЗАБРУДНЕННЯ ПИТНОЇ ВОДИ В НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДАХ СІЛЬСЬКИХ НАСЕЛЕНИХ ПУНКТИВ ЖИТОМИРСЬКОЇ ОБЛАСТІ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я ДИТЯЧОГО НАСЕЛЕННЯ

*Романчук Л. Д. – д.с.-г.н., професор,*

*Валерко Р. А. – к.с.-г.н., доцент,*

*Герасимчук Л. О. – к.с.-г.н., доцент,*

*Державний університет «Житомирська політехніка»,*

*valerko\_ruslana@ukr.net*

У статті досліджено якість питної води, отриманої із джерел нецентралізованого водопостачання в Житомирській області, з акцентом на вміст заліза та марганцю, які при тривалому впливі навіть у низьких концентраціях, можуть мати шкідливий вплив на здоров'я, включаючи розвиток неврологічних і серцево-судинних захворювань.

Метою дослідження була оцінка ризику для здоров'я дітей внаслідок споживання питної води із підвищеним вмістом заліза та марганцю. Було проаналізовано 114 зразків питної води, відібраних із колодязів та свердловин у дошкільних і шкільних закладах Бердичівського, Житомирського, Коростенського та Новоград-Волинського районів. Для оцінки ризику використовували методологію US EPA, розраховуючи середньодобову дозу надходження хімічних речовин (EDI) та коефіцієнт небезпеки (HQ).

Результати дослідження показали, що середній вміст заліза у питній воді коливався від 1,0 до 2,8 мг/дм<sup>3</sup>. Максимальна концентрація заліза (10,6 мг/дм<sup>3</sup>) зафіксована в шахтному колодязі школи села Мала П'ятигірка. Марганець у середньому відповідав нормативам, але поодинокі перевищення виявлено у 9–19 % зразків, зокрема максимальний вміст (1,95 мг/дм<sup>3</sup>) виявлено у Новоград-Волинській гімназії.

Аналіз ризику для здоров'я дитячого населення показав, що величина ризику для дітей, навіть за умов підвищеного вмісту заліза й марганцю, не перевищувала допустимих значень (HQ < 1), що свідчить про низький рівень небезпеки. У сумарному ризику перше місце посідає залізо (внесок 12–28 %), тоді як частка марганцю не перевищувала 10 %. Найвища величина ризику була характерна для дітей віком 6–12 років, найменша – для немовлят.

Відзначено, що рівень ризику внаслідок забруднення залізом і марганцем є низьким. Проте запропоновано розширити дослідження, включивши оцінку ризику від споживання нітратів, які також є потенційно небезпечними для здоров'я дитячого населення. Отримані результати можуть бути використані для розробки заходів з покращення екологічної безпеки водопостачання та мінімізації ризиків для здоров'я населення у сільських громадах.

Ключові слова: питна вода, ризик, залізо загальне, марганець, екологічна безпека.

**Постановка проблеми.** Забруднення питної води, що надходить із джерел нецентралізованого водопостачання, важкими металами і нітрами є проблемою для сільських селітебних територій, а оскільки від її якості залежить стан здоров'я населення, то питання оцінки ризику для людини внаслідок постійного споживання неякісної води, залишається гострою проблемою та набуває все більшої актуальності.

У сільській місцевості, яка не оснащена системами централізованого водопостачання та водовідведення, мешканці домогосподарств використовують неочищені підземні води невідомої якості, не розуміючи можливих наслідків для власного здоров'я, а тому, оцінка ризику для здоров'я людини, особливо дитячого населення, внаслідок споживання питної води, забрудненої важкими металами, є питанням досить гострим та актуальним [1].

Серед широкого спектру забруднювачів ґрунтових вод, серйозну стурбованість викликає забруднення важкими металами, більшість з яких є токсичними для здоров'я людини, особливо при перевищенні концентрацій їх нормативів та накопиченні протягом тривалого часу. Залізо і марганець є найбільш розповсюдженими важкими металами, які можуть впливати на людину навіть при низьких концентраціях. Перевищення вмісту заліза і марганцю у питній воді може бути пов'язано із такими небезпечними явищами як хвороби Паркінсона, Хантінгтона, Альцгеймера, серцево-судинні захворювання, гіперкератоз, цукровий діабет, зміни пігментації, захворювання нирок, печінки, респіраторних та неврологічних розладів [2, 3]. Найбільш важливим забруднювачем води є марганець, вміст якого у питній воді може викликати нейротоксичність, а розлади шлунково-кишкового тракту і дисфункції багатьох органів можуть виникати через споживання води з підвищеними кількостями заліза [4].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Наразі, оцінка якості питної води джерел нецентралізованого водопостачання та її вплив на здоров'я населення описані у багатьох працях українських [5-9] та зарубіжних учених багатьох країн світу, зокрема: Індії [10], Бангладеш [11], Ірану [12], Пакистану [13], Кенії [14], Румунії [15] тощо. Однак, оцінці ризику для здоров'я дитячого населення, що мешкає у межах сільських селітебних територій та є найбільш вразливою категорією до дії забруднюючих речовин, які можуть надходити із питною водою і продуктами харчування, приділено, на нашу думку, недостатньо уваги [16], зокрема й у межах Житомирської області [17].

**Формулювання цілей статті.** Отже, метою дослідження є оцінка ризику для здоров'я дитячого населення, пов'язаного із впливом заліза і марганцю, що надходять із питною водою. Результати даного дослідження можуть бути використані усіма зацікавленими особами для запо-

бігання потенційним ризикам для здоров'я дитячого населення сільської місцевості.

**Матеріали і методи дослідження.** Дослідження проходили у межах Житомирської області, на території сільських населених пунктів Бердичівського, Житомирського, Коростенського та Новоград-Волинського районів. Зразки води відбирали із колодязів та свердловин, які розташовані на території закладів дошкільної та шкільної освіти. Загалом було відібрано 114 зразків питної води. Аналітичні дослідження води на вміст заліза та марганцю здійснювали у сертифікованій Вимірювальній лабораторії Поліського національного університету за загальноприйнятими методиками.

Для оцінки небезпеки здоров'ю дитячого населення різних вікових груп використовували методику оцінки ризику US EPA [18]. Для оцінки можливих неканцерогенних ризиків для здоров'я людини використовують показники добового надходження (EDI) та коефіцієнт небезпеки (HQ).

Середньодобову дозу надходження хімічної речовини протягом життя людини разом з питною водою розраховували за формулою 1:

$$EDI = C \times IR / BW, \quad (1)$$

де EDI – середньодобова доза надходження хімічної речовини протягом життя, мг/кг х доба; C – концентрація речовини у питній воді, мг/дм<sup>3</sup>; IR – величина споживання води; BW – маса тіла людини, кг.

Ризик можливого розвитку неканцерогенних ефектів оцінювали за показниками коефіцієнтів небезпеки (HQ), який є відношенням середньодобової дози хімічної речовини до її безпечної (референтного) рівня впливу, та розраховується за формулою 2:

$$HQ = EDI / RfD, \quad (2)$$

де EDI – середньодобова доза надходження хімічної речовини протягом життя, мг/кг х доба; RfD – порогова (референтна) доза, мг/кг х доба.

Значення факторів експозиції, що рекомендовано як стандартні, приймалися відповідно даної методики (таблиця 1).

Таблиця 1. Стандартні фактори експозиції [18]

Фактори експозиції	Верстви населення			
	Немовлята, віком до 2-х років	Діти, віком від 2 до 6 років	Підлітки, віком від 6 до 16 років	Дорослі, віком від 16 до 18 років
Споживання питної води, дм <sup>3</sup> /добу	0,08	0,85	2	2,5
Маса тіла, кг	10	15	50	70
Порогова (референтна) доза, мг/кг х доба (залізо)	0,3			
Порогова (референтна) доза, мг/кг х доба (марганець)	0,14			

**Результати досліджень.** У результаті дослідження було встановлено, що середній вміст заліза загального у питній воді, яка відібрана у закладах освіти на території Житомирської області коливався від 1,0 до 2,8 мг/дм<sup>3</sup>, відсоток проб із перевищенням його вмісту варіював від 41 до 53,3 %. Середній вміст марганцю знаходився у межах нормативу, проте поодинокі випадки перевищення його концентрації зафіксовано у Житомирському, Коростенському та Новоград-Волинському районах.

Середній вміст заліза загального у питній воді закладів освіти Бердичівського району становить 2,8 мг/дм<sup>3</sup>, що перевищував норматив майже у 3 рази. Максимальний його вміст на рівні 10,6 мг/дм<sup>3</sup> зафіксовано у шахтному колодязі загальноосвітньої школи села Мала П'ятигірка. Загалом майже у 43 % відібраних зразків виявлено перевищення вмісту заліза. Стосовно марганцю, то в жодному із випадків не встановлено перевищення нормативу, а його середній вміст зафіксовано на рівні 0,1 мг/дм<sup>3</sup> (рисунок 1).

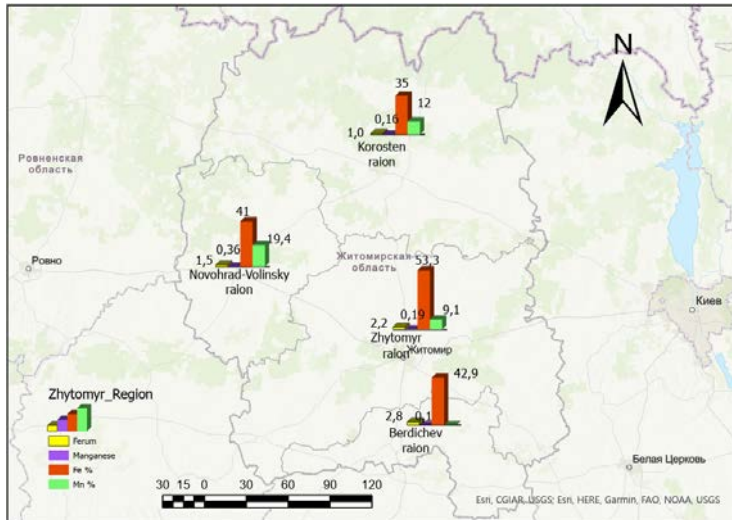


Рис. 1. Середній вміст заліза загального та марганцю у питній воді закладів освіти Житомирської області, мг/дм<sup>3</sup> та відсоток проб із перевищенням нормативу, %

Середня концентрація заліза загального у питній воді закладів освіти, що розташовані на території Житомирського району становив 2,2 мг/дм<sup>3</sup>, а максимальний його вміст на рівні 9,8 мг/дм<sup>3</sup> зафіксовано у свердловині Вертокиївської загальноосвітньої школи. Перевищення проб води із наднормативним вмістом заліза становило 53 %. Середній вміст марганцю встановлено на рівні 0,2 мг/дм<sup>3</sup>, проте у 9 % відібраних зразків було зафіксовано перевищення нормативу, а максимальний його вміст на рівні 1,61 мг/дм<sup>3</sup>, що перевищує норматив у 3,2 рази, виявлено у свердловині Садківської загальноосвітньої школи.

У питній воді закладів освіти сільських населених пунктів, розташованих на території Коростенського району вміст заліза загального встановлено на рівні 1 мг/дм<sup>3</sup>, що відповідає нормативу. Загалом у 35 % відібраних зразків виявлено перевищення вмісту заліза, а максимальний його вміст був зафіксований у сільському водогоні, що забезпечує водою Ігнатпільський дошкільний навчальний заклад на рівні 5,5 мг/дм<sup>3</sup>. Вміст марганцю у середньому не перевищував дозволений норматив і становив 0,16 мг/дм<sup>3</sup>. Перевищення вмісту марганцю зафіксовано у 12 % відібраних проб, а найбільша його концентрація на рівні 0,84 мг/дм<sup>3</sup> виявлена у свердловині дошкільного навчального закладу сільського населеного пункту Радовель.

Вміст заліза загального на території Новоград-Волинського району у середньому зафіксовано на рівні 1,5 мг/дм<sup>3</sup>. Максимальний вміст заліза на рівні 10,6 мг/дм<sup>3</sup> виявлено у свердловині харчоблоку загальноосвітньої школи села Несолонь. У цілому ж перевищення вмісту заліза встановлено у 41 % відібраних зразків. Середній вміст марганцю не перевищує норматив і становить 0,36 мг/дм<sup>3</sup>, проте у 19 % проб зафіксовано перевищення його нормативного вмісту. А максимальний вміст на рівні 1,95 мг/дм<sup>3</sup>, що перевищує норматив майже у 4 рази, виявлено у питній воді водогону Новоград-Волинської гімназії.

На основі отриманих даних щодо вмісту у воді заліза та марганцю були розраховані величини середньодобових доз надходження заліза і марганцю (таблиця 2).

**Таблиця 2. Результати оцінки перорального надходження заліза і марганцю з питною водою для дитячого населення Житомирської області**

Райони	Залізо загальне			Марганець		
	Діти, віком від 2 до 6 років	Підлітки, віком від 6 до 16 років	Дорослі, віком від 16 до 18 років	Діти, віком від 2 до 6 років	Підлітки, віком від 6 до 16 років	Дорослі, віком від 16 до 18 років
Бердичівський	0,16	0,11	0,1	0,006	0,004	0,003
Житомирський	0,12	0,09	0,08	0,01	0,008	0,007
Коростенський	0,06	0,04	0,04	0,009	0,006	0,006
Новоград-Волинський	0,09	0,06	0,05	0,02	0,01	0,02

Оцінка ризику для здоров'я людини внаслідок забруднення питної води залізом та марганцем проходила з використанням коефіцієнту небезпеки. Величина ризику для дитячого населення внаслідок постійного споживання води, навіть із вмістом заліза, що є більшим за норматив, не перевищує одиницю, що свідчить про зневажливо малий рівень ризику. Установлено також, що величина ризику є більшою для дітей, ніж для підлітків (рисунки 2).

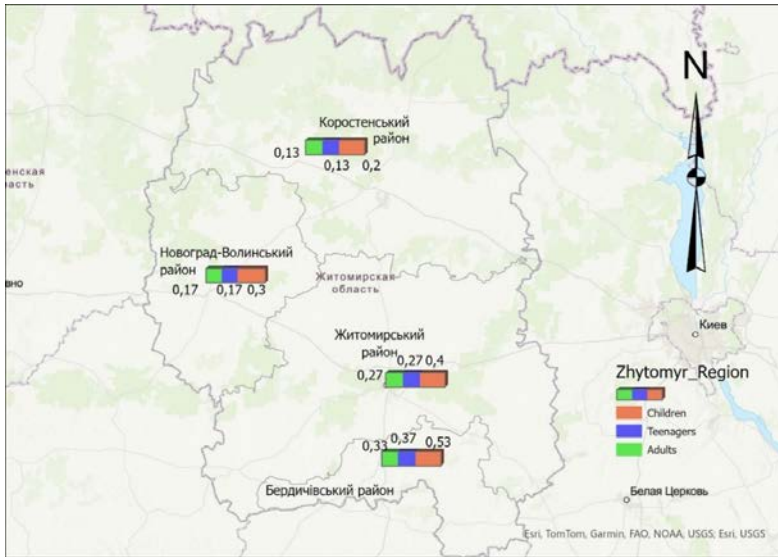


Рис. 2. Величина ризику для дитячого населення залежно від вмісту заліза у питній воді

Аналогічною є ситуація із марганцем, оскільки розрахований коефіцієнт небезпеки, зумовлений вмістом марганцю, у жодному випадку не перевищував 1 навіть при його максимальних концентраціях у воді, що свідчить про низький ризик виникнення шкідливих ефектів (рисунок 3).

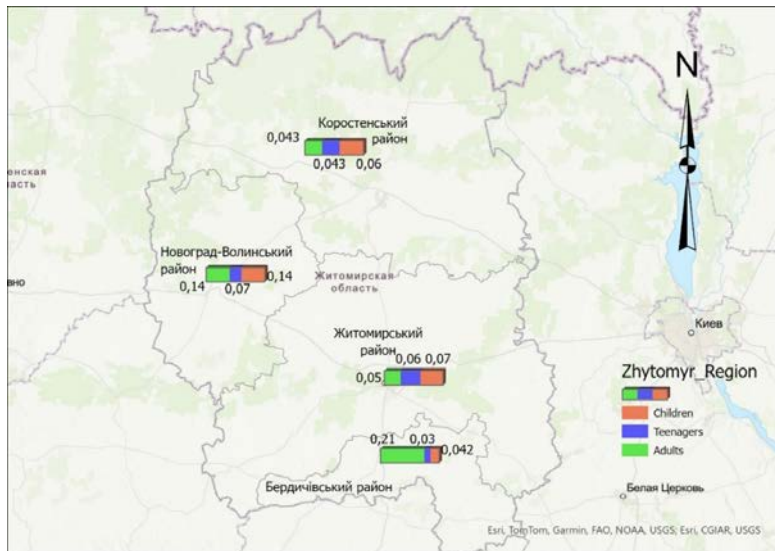


Рис. 3. Величина ризику для дитячого населення залежно від вмісту марганцю у питній воді



У величині сумарного ризику для здоров'я дітей перше місце займає залізо загальне, величина внесення якого варіює у межах 12–28 %. Найменшою часткою внесення характеризується марганець: від 2 % у Бердичівському до 10 – у Новоград-Волинському районі.

**Висновки.** За середнього вмісту заліза та марганцю, величина ризику для дітей не перевищувала 1, що свідчить про зневажливо малий рівень ризику. Найбільша сумарна величина ризику від комбінованого впливу забруднювачів спостерігалась для дітей 6-12 років, найменша – для немовлят. Найбільший внесок у сумарний ризик робить залізо (12-28 %), а найменший – марганець (2-10 %). У перспективі подальших досліджень слід здійснити оцінку ризику для здоров'я дитячого населення від надходження нітратів із питною водою.

## **RISK ASSESSMENT OF DRINKING WATER POLLUTION IN EDUCATIONAL INSTITUTIONS OF RURAL SETTLEMENTS OF ZHYTOMYR REGION FOR THE HEALTH OF CHILDREN**

*Romanchuk L. D. – Doctor of Agricultural Sciences,  
Valerko R.A. – Candidate of Agricultural Sciences,  
Herasymchuk L.O. – Candidate of Agricultural Sciences,  
Zhytomyr Polytechnic State University*

The article examines the quality of drinking water obtained from sources of non-centralized water supply in Zhytomyr region, with an emphasis on the content of iron and manganese, which, with prolonged exposure even in low concentrations, can have a harmful effect on health, including the development of neurological and cardiovascular diseases.

The aim of the study was to assess the health risk to children from drinking water with an increased content of iron and manganese. 114 samples of drinking water taken from wells and boreholes in preschool and school institutions of Berdychiv, Zhytomyr, Korosten and Novohrad-Volyn districts were analyzed. The US EPA methodology was used to assess the risk, calculating the average daily dose of chemical substances (EDI) and the hazard coefficient (HQ).

The results of the study showed that the average iron content in drinking water ranged from 1.0 to 2.8 mg/dm<sup>3</sup>. The maximum concentration of iron (10.6 mg/dm<sup>3</sup>) was recorded in the mine well of the school in the village of Mala Pyatihirka. Manganese on average met the standards, but individual exceedances were found in 9–19% of samples, in particular, the maximum content (1.95 mg/dm<sup>3</sup>) was found in the Novograd-Volyn gymnasium.

The analysis of the risk to the health of the child population showed that the risk value for children, even with increased iron and manganese content, did not exceed the permissible values (HQ < 1), which indicates a low level of danger. In the total risk, iron takes first place (contribution 12–28 %), while the share of manganese did not exceed

10 %. The highest risk value was characteristic of children aged 6–12, the lowest – for infants.

It was noted that the level of risk due to iron and manganese contamination is low. However, it is proposed to expand the study to include an assessment of the risk from nitrate consumption, which is also potentially dangerous for the health of the child population. The results obtained can be used to develop measures to improve the environmental safety of water supply and minimize risks to public health in rural communities.

Keywords: drinking water, risk, total iron, manganese, environmental safety.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Valerko R., Herasymchuk L., Pitsil A., Palkevich J. GIS-based assessment of risk for drinking water contamination to children's health in rural settlements. *Ekológia (Bratislava)*, 2022. Vol. 41, No. 4. P. 312–321. DOI: 10.2478/eko-2022-0032.
2. Farina M., Avila D. S., Da Rocha J. B. T., Aschner M. Metals, oxidative stress and neurodegeneration: a focus on iron, manganese and mercury. *Neurochem. Int.*, 2013. Vol. 62. P. 575–594. DOI: 10.1016/j.neuint.2012.12.006.
3. Kell D. B. Towards a unifying, systems biology understanding of large-scale cellular death and destruction caused by poorly liganded iron: Parkinson's, Huntington's, Alzheimer's, prions, bactericides, chemical toxicology and others as examples. *Arch. Toxicol.*, 2010. Vol. 84. P. 825–889. DOI: 10.1007/s00204-010-0577-x.
4. Heming N., Montravers P., Lasocki S. Iron deficiency in critically ill patients: highlighting the role of hepcidin. *Crit. Care.*, 2011. Vol. 15. P. 210.
5. Herasymchuk L., Romanchuk L., Valerko R. Water quality from the sources of non-centralized water supply within the rural settlements of Zhytomyr region. *Ekologia (Bratislava)*, 2022. Vol. 41, No. 2. P. 126–134. DOI: 10.2478/eko-2022-0013.
6. Romanchuk L. D., Valerko R. A., Herasymchuk L. O., Kravchuk M. M. Assessment of the impact of organic agriculture on nitrate content in drinking water in rural settlements of Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*, 2021. Vol. 11(2). P. 17–26. DOI: 10.15421/2021\_71.
7. І. В. Гуцук та ін. Моніторинг та еколого-гігієнічна оцінка якості питної води із джерел децентралізованого водопостачання Рівненської області за 2004-2015 роки. *Environment & Health*, 2018. № 1. С. 41–46.
8. Lototska O. V., Prokopov V. O. Assessment of the risk of the consumption of drinking water with the increased content of nitrates for the health of the people of the Ternopil Region. *Environment & Health*, 2018. No. 4. С. 20–24. DOI: <https://doi.org/10.32402/dovkil2018.04.020>.
9. Валерко Р. А., Герасимчук Л. О., Пацева І. Г. Екологічна безпека питного водопостачання Черняхівської громади Житомирського району. *Водні*



- біоресурси та аквакультура*, 2023. № 2(14). С. 40–50. DOI: <https://doi.org/10.32782/wba.2023.2.4>.
10. Karunanidhi D., Aravinthasamy P., Subramani T., Manish Kumar. Human health risks associated with multipath exposure of groundwater nitrate and environmental friendly actions for quality improvement and sustainable management: A case study from Texvalley (Tiruppur region) of India. *Chemosphere*, 2021. Vol. 265. P. 129083. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.129083>.
  11. Ghosh G. C., Khan M. J. H., Chakraborty T. K. et al. Human health risk assessment of elevated and variable iron and manganese intake with arsenic-safe groundwater in Jashore, Bangladesh. *Sci Rep.*, 2020. Vol. 10(1). article 5206. DOI: [10.1038/s41598-020-62187-5](https://doi.org/10.1038/s41598-020-62187-5).
  12. Qasemi M., Farhang M., Biglari H. et al. Health risk assessments due to nitrate levels in drinking water in villages of Azadshahr, northeastern Iran. *Environ Earth Sci.*, 2018. Iss. 77. article 782. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12665-018-7973-6>.
  13. Khalid S., Murtaza B., Shaheen I. et al. Public Perception of Drinking Water Quality and Health Risks in the District Vehari, Pakistan. URL: <http://journals.openedition.org/vertigo/21171>. DOI: <https://doi.org/10.4000/vertigo.21171>.
  14. Nyambura C., Hasim N.O., Chege M.W., Tokonami S., Omonya F.W. Cancer and non-cancer health risks from carcinogenic heavy metal exposures in underground water from Kilimambogo, Kenya. *Groundw. Sustain. Dev.*, 2020. 10, 100315.
  15. Quality and Health Risk Assessment Associated with Water Consumption – A Case Study on Karstic Springs / Moldovan A., Hoaghia M. A., Kovacs E. et al. *Water*, 2020. Vol. 12(12). article 3510. DOI: <https://doi.org/10.3390/w12123510>.
  16. Human Health Risk Assessment Applied to Rural Populations Dependent on Unregulated Drinking Water Sources: A Scoping Review / Ford L., Bharadwaj L., McLeod L., Waldner C. *Int J Environ Res Public Health*. 2017. Vol. 14(8). article 846. DOI: [10.3390/ijerph14080846](https://doi.org/10.3390/ijerph14080846).
  17. Валерко Р. А., Герасимчук Л. О., Приходько А. П. Оцінка перорального надходження заліза і марганцю з питною водою для дитячого населення Житомирської області. *Challenges, threats and developments in biology, agriculture, ecology, geography, geology and chemistry: International scientific and practical conference (July 2–3, 2021)*. Lublin, the Republic of Poland, 2021. P. 53–57. DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-111-4-12>.
  18. US EPA. *Edition of the Drinking Water Standards and Health Advisories*. Washington, DC, USA, 2012, 2–6.

## REFERENCES

1. Valerko, R., Herasymchuk, L., Pitsil, A., Palkevich, J. (2022). GIS-based assessment of risk for drinking water contamination to children's health in rural settlements. *Ekológia (Bratislava)*, Vol. 41, no. 4, 312–321. DOI: 10.2478/eko-2022-0032.
2. Farina, M., Avila, D. S., Da Rocha, J. B. T., Aschner, M. (2013). Metals, oxidative stress and neurodegeneration: a focus on iron, manganese and mercury. *Neurochem. Int.*, Vol. 62, 575–594. DOI: 10.1016/j.neuint.2012.12.006.
3. Kell, D. B. (2010). Towards a unifying, systems biology understanding of large-scale cellular death and destruction caused by poorly liganded iron: Parkinson's, Huntington's, Alzheimer's, prions, bactericides, chemical toxicology and others as examples. *Arch. Toxicol.*, Vol. 84, 825–889. DOI: 10.1007/s00204-010-0577-x.
4. Heming, N., Montravers, P., Lasocki, S. (2011). Iron deficiency in critically ill patients: highlighting the role of hepcidin. *Crit. Care*, Vol. 15, p. 210.
5. Herasymchuk, L., Romanchuk, L., Valerko, R. (2022). Water quality from the sources of non-centralized water supply within the rural settlements of Zhytomyr region. *Ekologia (Bratislava)*, Vol. 41, no. 2, 126–134. DOI: 10.2478/eko-2022-0013.
6. Romanchuk, L. D., Valerko, R. A., Herasymchuk, L. O., Kravchuk, M. M. (2021). Assessment of the impact of organic agriculture on nitrate content in drinking water in rural settlements of Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*, Vol. 11(2), 17–26. DOI: 10.15421/2021\_71.
7. Hushchuk I.V., et al. (2018). *Monitorynh ta ekoloho-hihiiienichna otsinka yakosti pytnoi vody iz dzherel detsentralizovanoho vodopostachannia Rivnenskoï oblasti za 2004–2015 roky* [Monitoring and ecological-hygienic assessment of the quality of drinking water from sources of decentralized water supply in the Rivne region for 2004–2015]. *Environment & Health*, no. 1, 41–46. [in Ukrainian].
8. Lototska, O. V., Prokopov, V. O. (2018). Assessment of the risk of the consumption of drinking water with the increased content of nitrates for the health of the people of the Ternopil Region. *Environment & Health*, no. 4, 20–24. DOI: <https://doi.org/10.32402/dovkil2018.04.020>.
9. Valerko R. A., Herasymchuk L. O., Patseva I. H. (2023). *Ekolohichna bezpeka pytneho vodopostachannia Chernyakhivskoi hromady Zhytomyrskoho raionu* [Environmental safety of drinking water supply in the Chernyakhiv community of Zhytomyr district]. *Vodni bioresursy ta akvakul'tura*, no. 2(14), 40–50. DOI: <https://doi.org/10.32782/wba.2023.2.4>. [in Ukrainian].
10. Karunanidhi, D., Aravinthasamy, P., Subramani, T., Manish, K. (2021). Human health risks associated with multipath exposure of groundwater

- nitrate and environmental-friendly actions for quality improvement and sustainable management: A case study from Texvalley (Tiruppur region) of India. *Chemosphere*, Vol. 265, 129083. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.129083>.
11. Ghosh, G. C., Khan, M. J. H., Chakraborty, T. K., et al. (2020). Human health risk assessment of elevated and variable iron and manganese intake with arsenic-safe groundwater in Jashore, Bangladesh. *Sci Rep.*, Vol. 10(1), article 5206. DOI: [10.1038/s41598-020-62187-5](https://doi.org/10.1038/s41598-020-62187-5).
  12. Qasemi, M., Farhang, M., Biglari, H., et al. (2018). Health risk assessments due to nitrate levels in drinking water in villages of Azadshahr, northeastern Iran. *Environ Earth Sci.*, Issue 77, article 782. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12665-018-7973-6>.
  13. Khalid, S., Murtaza, B., Shaheen, I., et al. Public perception of drinking water quality and health risks in the District Vehari, Pakistan. *Vertigo – The Electronic Journal of Environmental Sciences*. DOI: <https://doi.org/10.4000/vertigo.21171>.
  14. Nyambura, C., Hasim, N. O., Chege, M. W., Tokonami, S., Omonya, F. W. (2020). Cancer and non-cancer health risks from carcinogenic heavy metal exposures in underground water from Kilimambogo, Kenya. *Groundwater for Sustainable Development*, Vol. 10, article 100315.
  15. Moldovan, A., Hoaghia, M. A., Kovacs, E., et al. (2020). Quality and health risk assessment associated with water consumption – A case study on karstic springs. *Water*, Vol. 12(12), article 3510. DOI: <https://doi.org/10.3390/w12123510>.
  16. Ford, L., Bharadwaj, L., McLeod, L., Waldner, C. (2017). Human health risk assessment applied to rural populations dependent on unregulated drinking water sources: A scoping review. *Int J Environ Res Public Health*, Vol. 14(8), article 846. DOI: [10.3390/ijerph14080846](https://doi.org/10.3390/ijerph14080846).
  17. Valerko R. A., Herasymchuk L. O., Prykhodko A. P. (2021). *Otsinka peroral'noho nadkhodzhennia zaliza i marhantsiu z pytnoi vodoi dlia dytiachoho naseleennia Zhytomyrskoi oblasti* [Assessment of oral intake of iron and manganese with drinking water for the child population of Zhytomyr region]. *Challenges, threats and developments in biology, agriculture, ecology, geography, geology and chemistry: International scientific and practical conference* (July 2–3, 2021), Lublin, the Republic of Poland, 53–57. DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-111-4-12>. [in Ukrainian].
  18. US EPA. (2012). *Edition of the Drinking Water Standards and Health Advisories*. Washington, DC, USA, 2–6.