

# ГІДРОЕКОЛОГІЯ

УДК 614.777:628.161.1(477.42)

DOI <https://doi.org/10.32851/wba.2021.2.10>

## ОЦІНКА ЯКОСТІ ВОДИ СИСТЕМИ ЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ М. ЖИТОМИР ТА НАСЛІДКИ ВІД ЇЇ СПОЖИВАННЯ

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

*Валерко Р.А. – к.с.-г.н., доцент,*

*Калініченко І.О. – здобувач другого (магістерського) рівня вищої освіти,*

*Поліський національний університет,*

*м. Житомир, Україна, [gerasim4uk@ukr.net](mailto:gerasim4uk@ukr.net)*

Метою дослідження є оцінка якості води централізованого водопостачання, що споживається мешканцями м. Житомир, оцінка неканцерогенного ризику для їх здоров'я, а також виявлення наслідків у вигляді величини скорочення тривалості життя в результаті споживання такої води. Дослідження якості води централізованого водопостачання, що споживається мешканцями м. Житомир, за групами органолептичних, фізико-хімічних та санітарно-токсикологічних показників проводили на базі атестованої вимірювальної лабораторії навчально-наукового центру екології та охорони навколишнього середовища Поліського національного університету за загальноприйнятими методиками. Для оцінки потенційного неканцерогенного ризику здоров'ю людини, пов'язаної із споживанням питної води, застосовували безпорогову модель оцінки ризику з урахуванням рівня і тривалості впливу (залежність «доза-час-ефект»). Для оцінки та порівняння очікуваних наслідків від споживання питної води використовували величину скорочення тривалості життя (LLE – Loss of Life Expectancy), запропоновану Bernard L. Cohen. Встановлено, що якість питної води централізованого водопостачання м. Житомир відповідає встановленим нормативам за органолептичними, фізико-хімічними та санітарно-токсикологічними показниками (за умови використання нормативу, яким може керуватися підприємство питного водопостачання до 1 січня 2022 року). Величина сумарного ризику становить 0,034 і не перевищує рівня прийнятного ризику. Серед досліджуваних речовин найбільший вклад у величину сумарного ризику для здоров'я населення має вміст у воді заліза загального – 54,1%, що свідчить про необхідність підвищення ефективності існуючих та впровадження нових методів для видалення заліза. Кількісна оцінка негативних наслідків, що реалізована у вигляді оцінки величини скорочення тривалості життя показала, що споживання води централізованого водопостачання мешканцями м. Житомир впродовж тривалого періоду може призвести до скорочення середньої тривалості життя дитячого населення від 1,5 до 5 років, а дорослого – від 0,6 до 2,1 років.

Ключові слова: водопровідна мережа, органолептичні, фізико-хімічні та санітарно-токсикологічні показники, потенційний неканцерогенний ризик, величина скорочення тривалості життя.

**Постановка проблеми.** Забезпечення населення якісною питною водою є однією з головних проблем екологічної безпеки та однією з цілей сталого розвитку України на період до 2030 року [1]. У цілому по Україні 402 із 406 міст, 623 із 683 смт, 7017 із 26076 сіл забезпечено централізованим водопостачанням [2–4]. По Житомирській області всі міста охоплені централізованим водопостачанням (64,5% населення), яке, в свою чергу, на 80% забезпечується поверхневими джерелами, які є забрудненими.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Централізоване водопостачання і водовідведення міста Житомир здійснюється КП «Житомирводоканал». На сьогодні значна частина споруд водогінного комплексу відпрацювала нормативний термін, потребує оновлення та заміни (із 3818,9 км мереж по Житомирській області 31,5% потребують заміни). Якщо навіть після очисних споруд якість питної води відповідає чинним державним нормам ДСанПіН 2.2.4-171-10 [5] та суворо контролюється відомчою контрольно-вимірною лабораторією підприємства цілодобово, то після проходження через водогони її якість істотно погіршується через зношеність і значний термін експлуатації останніх. Постійні аварії, відключення води (що не є рідкісними випадками для жителів міста) сприяють розмноженню шкідливих мікроорганізмів, розвитку корозії на стінках водогінних труб. Тому забезпечення населення м. Житомир якісною питною водою виступає наразі життєво важливим інтересом, адже вживання питної води незадовільної якості може призвести до виникнення багатьох хвороб [6; 7]. Доступ до якісної питної води обумовлює розвиток територій, а наявність в ній шкідливих речовин є джерелом канцерогенного і неканцерогенного ризику для здоров'я населення [8–10]. Враховуючи викладене, дослідження якості води централізованого водопостачання та оцінка ризику для здоров'я населення м. Житомир від її споживання, є виключно актуальними і потребують розгляду.

**Формулювання цілей статті.** Метою дослідження є оцінка якості води централізованого водопостачання, що споживається мешканцями м. Житомир, оцінка неканцерогенного ризику для здоров'я мешканців м. Житомир та виявлення наслідків у вигляді величини скорочення тривалості життя в результаті споживання такої води.

**Матеріали та методи дослідження.** Дослідження якості води централізованого водопостачання, що споживається мешканцями м. Житомир, за групами органолептичних, фізико-хімічних та санітарно-токсикологічних показників проводили на базі атестованої вимірною лабораторії навчально-наукового центру екології та охорони навколишнього середовища Поліського національного університету за загальноприйнятими методиками. Відбір зразків проб води з кранів внутрішніх водопровідних мереж будинків проводили у різних частинах міста: північно-захід-

ної (мікрорайон «Богунія»), центральної, південно-східної (мікрорайон «Польова»), північно-східної (мікрорайон «Вокзал»).

Для оцінки потенційного неканцерогенного ризику здоров'ю людини, пов'язаної із споживанням питної води, застосовували безпорогову модель оцінки ризику з урахуванням рівня і тривалості впливу (залежність «доза-час-ефект»). При аналізі отриманих величин оцінки хронічного неканцерогенного ризику за допустимий рівень приймали 0,05 одиниці, тому що за такої ситуації, як правило, відсутні несприятливі медико-екологічні тенденції [11]. Оцінку ефективності роботи систем водопідготовки проводили з урахуванням сумарного неканцерогенного ризику для всіх домішок, які є потенційними токсикантами (чим ближче значення величини ризику до одиниці, тим вища ймовірність настання негативних наслідків).

Для оцінки та порівняння очікуваних наслідків від споживання питної води використовували величину скорочення тривалості життя (LLE – Loss of Life Expectancy), запропоновану Bernard L. Cohen (2003) [12], що визначали як добуток ймовірності прояву небезпечної події (чи впливу) Risk і середньої величини решти життя людини L. При розрахунку LLE використовували офіційні дані ГУ статистики у Житомирській області щодо середньої тривалості життя та середнього віку дорослого населення, а також дані про кількість років, які в середньому може прожити покоління, народжене в наш час, при збереженні сучасних показників рівня смертності населення міста.

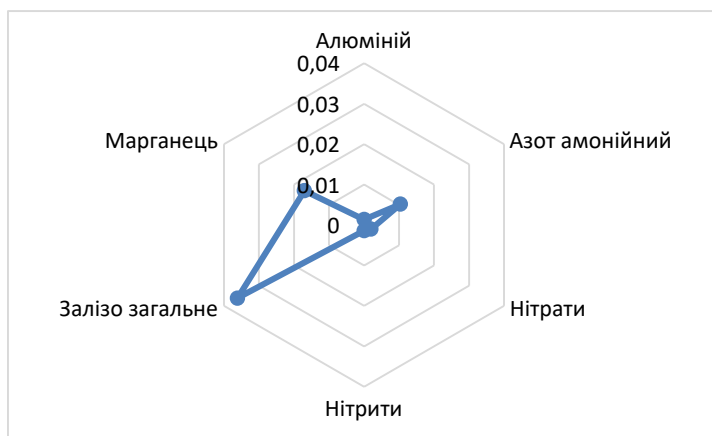
**Результати досліджень.** За результатами проведених досліджень встановлено, що якість питної води з водопровідної мережі м. Житомир за групами органолептичних, фізико-хімічних та санітарно-токсикологічних показників загалом відповідає нормативам ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною». Незначні відхилення від норми серед органолептичних показників виявлені за рівнем забарвленості у 14% відібраних проб води та за рівнем каламутності – у 19% проб води централізованої системи водопостачання, що споживається мешканцями північно-західної частини міста Житомир (мікрорайон «Богунія»).

Рівень рН у досліджуваних зразках води знаходився в межах 5,6–7,2 од., сухий залишок – 300–400 мг/дм<sup>3</sup>, жорсткість загальна – 3,8–6,7 ммоль/дм<sup>3</sup>, хлориди – 30–58,2 мг/дм<sup>3</sup>, сульфати – 32–79 мг/дм<sup>3</sup>, поліфосфати – 0,19–0,42 мг/дм<sup>3</sup>, залізо загальне – 0,26–0,75 мг/дм<sup>3</sup>, марганець – 0,04–0,059 мг/дм<sup>3</sup>.

Серед фізико-хімічних показників відхилення від нормативу спостерігалось за рівнем рН та заліза загального. 29% проб питної води з водогону центральної частини міста характеризувалися значенням рН у межах 5,6–6,4 одиниці, що свідчить про наявність інтенсивних корозійних процесів у водопровідній мережі. Перевищення значень вмісту заліза загального

у 1,3–3,8 разів фіксувалося у 100% відібраних проб, а найбільш небезпечна ситуація стосовно його вмісту у воді склалася на території північно-східної частини міста (мікрорайон «Богунія»). Якщо брати до уваги значення показників, наведених у ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною», які має право використовувати підприємство питного водопостачання до 1 січня 2022 року (в минулій редакції документа зазначалося, що до 1 січня 2020 року) в окремих випадках, які не дозволяють довести якість питної води до жорсткішого нормативу, то відхилень від норми за рівнем забарвленості, каламутності, та вмістом заліза загального не спостерігатиметься.

За основу оцінки екологічної безпеки системи централізованого питного водопостачання використано величину сумарного неканцерогенного ризику погіршення здоров'я людини під час вживання питної води, що містить потенційно небезпечні речовини загальної токсичної дії. Визначено, що величини розрахованих неканцерогенних ризиків здоров'ю людини окремо по кожній речовині не перевищують рівня прийнятного ризику (0,05 одиниць) (рис. 1).



*Рис. 1. Величини розрахованих неканцерогенних ризиків здоров'ю людини в розрізі окремих речовин*

Сумарний неканцерогенний ризик для здоров'я населення м. Житомир від одночасної наявності досліджуваних речовин у воді перевищує рівень допустимого ризику ( $0,078 > 0,05$ ). Ризик хронічного впливу за такого рівня розглядається як такий, що викликає побоювання, тому за даної ситуації може виникнути тенденція до росту неспецифічної патології. Якщо за величину допустимого рівня токсиканта брати норматив, що водоканал може використовувати до 1 січня 2022 р., то величина сумарного ризику не перевищує рівня прийнятного ризику і становить 0,034.

Визначено, що серед досліджуваних речовин найбільший вклад у величину сумарного ризику для здоров'я населення має вміст у воді заліза загального – 54,1%, що свідчить про необхідність підвищення ефективності існуючих та впровадження нових методів для видалення заліза.

Оцінка сучасного стану екологічної безпеки системи централізованого питного водопостачання м. Житомир, показала, що, беручи до уваги дані про демографічні процеси і якість питної води за показником сумарного хронічного неканцерогенного ризику, для населення міста існує постійна загроза погіршення здоров'я і скорочення середньої тривалості життя (табл. 1).

Необхідно відмітити, що особливо сильному негативному впливові піддається дитяче населення. Беручи до уваги значення показника середньої очікуваної тривалості життя при народженні (кількість років, які в середньому належить прожити даному поколінню народжених за умови, що протягом всього життя цього покоління рівень смертності буде дорівнювати сучасному рівню смертності населення в окремих вікових групах), кількісна оцінка негативних наслідків, реалізована у вигляді оцінки величини скорочення тривалості життя показала, що вживання такої питної води впродовж тривалого періоду може призвести до скорочення середньої тривалості життя дитячого населення від 1,5 до 5 років. Стосовно дорослого населення, то термін, на який зменшується середня тривалість життя індивідуума, що піддається ризику становить від 0,6 до 2,1 років.

Таблиця 1. Оцінка скорочення очікуваної тривалості життя населення м. Житомир внаслідок споживання питної води централізованого водопостачання

Показник	Дорослі			Діти			
	обидві статі	чоловіки	жінки	обидві статі	чоловіки	жінки	
Середня тривалість життя $T$ , роки	69,72	64,42	75,21	-	-	-	
Середній вік населення $W$ , роки	41,0	38,0	43,6	-	-	-	
Очікуваний залишок життя $L$ , роки	28,72	26,42	31,61	70,28	64,82	75,91	
Термін, на який зменшується середня тривалість життя індивідуума, який піддається ризику $LLE$ , роки	$Risk_{\text{сум}}$	1,91	1,75	2,10	4,67	4,31	5,04
	$*Risk_{\text{сум}}$	0,69	0,63	0,76	1,68	1,55	1,82
Прогнозний залишок життя з урахуванням ризику $Ln$ , роки ( $Ln = L - LLE$ )	$Risk_{\text{сум}}$	26,81	24,67	29,51	65,61	60,51	70,87
	$*Risk_{\text{сум}}$	28,03	25,79	30,85	68,6	63,27	74,09

\*Примітка: для розрахунку брали норматив, зазначений у дужках, що має право використовувати підприємство питного водопостачання до 1 січня 2022 року.

Враховуючи вище викладене, можемо констатувати, що оцінка якості води за показниками відповідності нормам, наведеним у Державних санітарних нормах та правилах «Гігієнічні вимоги до води питної, при-

значеної для споживання людиною» (ДСанПіН 2.2.4-171-10), без урахування синергічного ефекту від впливу всіх токсичних речовин на здоров'я людини, не відображає повної ситуації. Проведені розрахунки показали обов'язковість урахування комбінованої дії всіх речовин, які містяться у питній воді централізованого водопостачання. Так, при вмісті в питній воді шкідливих речовин токсичної дії в межах нормативних значень та з потенційними ризиками, що не перевищують допустимого рівня, сумарний ризик може досягати значних величин.

Зважаючи на той факт, що оцінка неканцерогенного ризику для здоров'я населення м. Житомир внаслідок споживання води централізованого водопостачання проводилася лише для 6 речовин, рівень неканцерогенного ризику може приймати й значно вищі значення.

**Висновки з даного дослідження та перспективи подальшого розвитку в цьому напрямі.** Якість питної води з водопровідної мережі м. Житомир загалом відповідає встановленим нормативам за органолептичними, фізико-хімічними та санітарно-токсикологічними показниками. 29% проб питної води з водогону центральної частини міста мали відхилення за рівнем рН і характеризувалися значенням в межах 5,6–6,4 одиниці. При використанні нормативу, яким може керуватися підприємство питного водопостачання до 1 січня 2022 року, відхилення зафіксовані за показниками забарвленості, каламутності та вмістом заліза загального не спостерігатимуться. Споживання води централізованого водопостачання мешканцями м. Житомир впродовж тривалого періоду може призвести до скорочення середньої тривалості життя дитячого населення від 1,5 до 5 років, а дорослого – від 0,6 до 2,1 років.

Подальші дослідження будуть спрямовані на проведення більш масштабного дослідження якості води різних джерел водопостачання й оцінку ризиків для здоров'я населення, яке споживає воду з таких джерел.

## **WATER QUALITY ASSESSMENT OF ZHYTOMYR CENTRALIZED WATER SUPPLY SYSTEM AND CONSEQUENCES FROM ITS CONSUMPTION**

*Herasymchuk L.O. – PhD (Agriculture), Associate Professor,*

*Valerko R.A. – PhD (Agriculture), Associate Professor,*

*Kalinichenko I.O. – applicant of the second (master's) level of higher education,  
Polissya National University, Zhytomyr,*

*gerasim4uk@ukr.net*

The purpose of the study is to assess the quality of centralized water supply consumed by residents of Zhytomyr, assess the non-carcinogenic risk to their health, as well as identify the consequences in the form of reduced life expectancy as a result

of consumption of such water. Research on the quality of centralized water supply consumed by residents of Zhytomyr, by groups of organoleptic, physicochemical and sanitary-toxicological indicators was conducted on the basis of a certified measuring laboratory of the training and research center of ecology and environmental protection of Polissya National University according to conventional methods. A non-threshold risk assessment model based on the level and duration of exposure (dose-time-effect relationship) was used to assess the potential non-carcinogenic risk to human health associated with drinking water consumption. The Loss of Life Expectancy (LLE) proposed by Bernard L. Cohen was used to assess and compare the expected effects of drinking water consumption. It is established that the quality of drinking water of the centralized water supply of Zhytomyr meets the established standards for organoleptic, physicochemical and sanitary-toxicological indicators (subject to the use of the standard, which can guide the drinking water supply company until January 1, 2022). The value of the total risk is 0.034 and does not exceed the level of acceptable risk. Among the studied substances, the largest contribution to the magnitude of the total risk to public health has the content of total iron in the water – 54.1%, which indicates the need to increase the efficiency of existing and introduce new methods for iron removal. Quantitative assessment of the negative consequences, implemented in the form of an estimate of the reduction in life expectancy, showed that the consumption of centralized water supply by Zhytomyr residents over a long period can reduce the average life expectancy of children from 1.5 to 5 years and adults from 0,6 to 2.1 years.

Keywords: water supply network, organoleptic, physicochemical and sanitary-toxicological indicators, potential non-carcinogenic risk, life expectancy reduction.

#### **ЛІТЕРАТУРА**

1. Про Цілі сталого розвитку України на період до 2030 року : Указ Президента України від 30.09.2019 № 722/2019. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/722/2019> (дата звернення 10.09.2021).
2. Україна у цифрах 2019 : статистичний збірник. К., 2020. 46 с. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua> (дата звернення: 10.09.2021).
3. Статистичний щорічник України 2019. К., 2020. 465 с. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua> (дата звернення: 10.09.2021).
4. Національна доповідь про якість питної води та стан питного водопостачання в Україні у 2019 році. К. : Міністерство розвитку громад та територій України, 2020. 353 с. URL: <https://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2020/12/nacjonalna-dopovid-za-2019-rik.pdf> (дата звернення: 10.09.2021).
5. Державні санітарні норми та правила «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» (ДСанПіН 2.2.4-171-10) : Наказ Міністерства охорони здоров'я України № 400 від 12.05.2010 р. URL: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10> (дата звернення: 10.09.2021).
6. Лотоцька О. В., Кондратюк В. А., Кучер С. В. Якість питної води як одна з детермінант громадського здоров'я в Західному регіоні Укра-

- їни. *Вісник соціальної гігієни та організації охорони здоров'я України*. 2019. № 1 (79). С. 12–18. DOI: 10.11603/1681-2786.2019.1.10278.
7. Зайцев В. В. Обґрунтування показників здоров'я населення у програмі соціально-гігієнічного моніторингу питної водопровідної води. *Modern engineering and innovative technologies*. 2021. № 16 (5). С. 28–33. DOI: 10.30890/2567-5273.2021-16-05-047.
  8. Крисінська, Д. О., Клименко, Л. П. Експериментальні дослідження якості питної води та оцінювання екологічної безпеки питного водопостачання. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2021. № 31(1). С. 147–151. DOI: 10.36930/40310124.
  9. Valerko R.A., Herasymchuk L.O. Assessment of ecological integral index of rural settlements development in the radioactively contaminated territory based on drinking water quality indicators. Actual problems of natural sciences: modern scientific discussions. Riga : Izdevniecība “Baltija Publishing”, 2020. pp. 80–97. DOI: 10.30525/978-9934-588-45-7.5.
  10. 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. № 11(2). pp. 17–26. DOI: 10.15421/2021\_71.
  11. Методические рекомендации от 30 июля 1997 г. РФ № 2510/5716-97-32 «2.1. Комплексная гигиеническая оценка степени напряженности медико-экологической ситуации различных территорий, обусловленной загрязнением токсикантами среды обитания населения». URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200060013> (дата звернення: 10.09.2021).
  12. Bernald L. C. Risks in Perspective. *Journal of American Physicans and Surgeons*. 2003. № 8(2). pp. 50–53.

## REFERENCES

1. *Pro Tsili staloho rozvytku Ukrainy na period do 2030 roku* [About the Sustainable Development Goals of Ukraine for the period up to 2030] : Decree of the President of Ukraine no 722/2019 (30.09.2019). Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/722/2019> (accessed 10 September 2021). [in Ukrainian].
2. *Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy (2020). Ukraina u tsyfrakh 2019* [Ukraine in Figures 2019] : Statistical Publication. Kyiv: State Statistics Service of Ukraine. Retrieved from: <http://www.ukrstat.gov.ua> (accessed 10 September 2021). [in Ukrainian].
3. *Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy (2020) Statystychnyi shchorichnyk Ukrainy* [Statistical Yearbook of Ukraine 2019]. Kyiv: State Statistics Service of Ukraine. Retrieved from: <http://www.ukrstat.gov.ua> (accessed 10 September 2021). [in Ukrainian].



4. *Natsionalna dopovid pro yakist pytnoi vody ta stan pytneho vodopostachannia v Ukraini u 2019 rotsi* [National report on drinking water quality and the state of drinking water supply in Ukraine in 2019]. Kyiv: Ministry for Communities and Territories Development of Ukraine. Retrieved from: <https://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2020/12/naczialna-dopovid-za-2019-rik.pdf> (accessed 10 September 2021). [in Ukrainian].
5. *Hygienic requirements for drinking water intended for human consumption* (2010). DSanPiN 2.2.4-171-10 from 28<sup>th</sup> December 2019. Kyiv. [in Ukrainian].
6. Lototska I. V., Kondratjuk V. A., Kucher S. V. (2019). *Yakist pytnoi vody yak odna z determinant hromadskoho zdorov'ia v Zakhidnomu rehioni Ukrainy* [Quality of drinking water as one of the determinants of public health in the Western region of Ukraine]. *Bulletin of Social Hygiene and Health Protection Organization of Ukraine*, no. 1, 12–18. DOI: 10.11603/1681-2786.2019.1.10278. [in Ukrainian].
7. Zaitsev V. V. (2021). *Obrhuntuвання pokaznykiv zdorov'ia naseleння u prohrami sotsialno-hihienichnoho monitorynhu pytnoi vodoprovodnoi vody* [Substantiation of health indicators of the population in the program of social and hygienic monitoring of drinking tap water]. *Modern engineering and innovative technologies*, Vol. 5, no. 16, 28–33. DOI: 10.30890/2567-5273.2021-16-05-047. [in Ukrainian].
8. Krysin'ska D. O., Klymenko L. P. (2021). *Eksperymentalni doslidzhennia yakosti pytnoi vody ta otsiniuvannia ekolohichnoi bezpeky pytneho vodopostachannia* [Experimental research of drinking water quality and assessment of environmental safety of drinking water supply]. *Scientific Bulletin of UNFU*, Vol. 1, no. 31, 147–151. DOI: 10.36930/40310124. [in Ukrainian].
9. Valerko R. A., Herasymchuk L. O. (2020). Assessment of ecological integral index of rural settlements development in the radioactively contaminated territory based on drinking water quality indicators. Actual problems of natural sciences: modern scientific discussions. Riga : Izdevniecība “Baltija Publishing”, 80–97. DOI: 10.30525/978-9934-588-45-7.5.
10. 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. 2, no. 11, pp. 17 – 26. DOI: 10.15421/2021\_71.
11. *Kompleksnaja gihienicheskaja ocenka stepeni naprjzhennosti mediko-jekologicheskoi situacii razlichnyh territorij, obuslovljennoj zagrjazneniem toksikantami sredi obitanija naselenija* (1997). [Comprehensive hygienic

- assessment of the degree of tension in the medical and ecological situation in various territories due to the pollution of the population's habitat with toxicants] : Methodical recommendations, no. 2510/5716-97-32 (30.07.1997). Retrieved from: <https://docs.cntd.ru/document/1200060013> (accessed 10 September 2021). [in Russian].
12. Bernald L. C. (2003). Risks in Perspective. *Journal of American Physicians and Surgeons*, no. 8(2), 50–53.