

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет лісового господарства та екології
Кафедра екології

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

ДЕМ'ЯНЧУК СЕРГІЙ АНАТОЛІЙОВИЧ

УДК 628.112:504.4.054(477.42)

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ОЦІНКА РИЗИКУ НА ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ СІЛЬСЬКИХ
НАСЕЛЕНИХ ПУНКТІВ ЖИТОМИРСЬКОГО РАЙОНУ ВІД
СПОЖИВАННЯ ПИТНОЇ ВОДИ ДЖЕРЕЛ НЕЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО
ВОДОПОСТАЧАННЯ, ЗАБРУДНЕНОЇ НІТРАТАМИ**

101 «Екологія»

Подається на здобуття освітнього ступеня бакалавра

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

(підпис, ініціали та прізвище здобувача вищої освіти)

Науковий керівник:
Дунаєвська Оксана Феліксівна
професор, д.б.н.

Житомир – 2023

АНОТАЦІЯ

Дем'янчук С. А. Оцінка ризику на здоров'я населення сільських населених пунктів Житомирського району від споживання питної води джерел нецентралізованого водопостачання, забрудненої нітратами. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавра за спеціальністю 101 – екологія. – Поліський національний університет, Житомир, 2023.

Проведено оцінку ризику на здоров'я населення сільських населених пунктів Житомирського району від споживання питної води джерел нецентралізованого водопостачання, забрудненої нітратами. Підвищений у 1,1 – 8,2 рази вміст нітратів у воді обстежених джерел нецентралізованого водопостачання зумовлював надходження нітратів від 2,24 до 16,4 мг/кг/добу для дітей та від 1,76 до 12,9 мг/кг/добу для дорослих (CDI_{oral}) і від 0,014 до 0,104 мг/кг/добу та від 0,008 до 0,059 мг/кг/добу відповідно (CDI_{dermal}). Розраховані значення HQ_{oral} (1,94 – 7,1 для дітей та 1,53 – 5,59 для дорослих) перевищують 1 та вказують на серйозні потенційні ризики для здоров'я мешканців сіл, що пов'язані з надмірним вмістом нітратів у питній воді. Значення HQ_{dermal} не перевищували одиниці (ризик впливу нітратів є прийнятним). Значення загального неканцерогенного ризику (HI), що залежить від концентрації нітратів у воді, вікової групи, що її споживає, тривалості та обсягів споживання, перевищували прийнятний рівень і варіювали в межах від 1,96 до 7,17 для дітей та від 1,54 до 5,63 для дорослих. У значенні HI частка коефіцієнту небезпеки від споживання води для задоволення питних потреб складає 99,1%.

Ключові слова: хронічне надходження нітратів внаслідок пиття (CDI_{oral}) та контакту зі шкірою (CDI_{dermal}), коефіцієнт небезпеки (HQ_{oral} , HQ_{dermal}), індекс небезпеки (HI).

SUMMARY

Demianchuk S. A. Risk assessment on the health of the population of rural settlements of the Zhytomyr district from the consumption of drinking water from sources of non-centralized water supply contaminated with nitrates. – Manuscript qualification work.

Qualification work for a bachelor's degree in specialty 101 – ecology. – Polissia National University, Zhytomyr, 2023.

An assessment of the risk to the health of the population of rural settlements of the Zhytomyr district from the consumption of drinking water from non-centralized water supply sources contaminated with nitrates was carried out. A 1.1- to 8.2-fold increase in the content of nitrates in the water of the examined sources of non-centralized water supply resulted in the intake of nitrates from 2.24 to 16.4 mg/kg/day for children and from 1.76 to 12.9 mg/kg/day for adults (CDI_{oral}) and 0.014 to 0.104 mg/kg/day and 0.008 to 0.059 mg/kg/day (CDI_{dermal}) respectively. The calculated HQ_{oral} values (1.94 – 7.1 for children and 1.53 – 5.59 for adults) exceed 1 and indicate serious potential health risks for rural residents associated with excessive nitrate in drinking water. HQ_{dermal} values did not exceed unity (risk of exposure to nitrates is acceptable). Values of total noncarcinogenic risk (HI) depending on nitrate concentration in water, age group consuming it, duration and volumes of consumption exceeded the acceptable level and ranged from 1.96 to 7.17 for children and from 1.54 to 5.63 for adults. In the HI value, the share of the hazard ratio from water consumption to meet drinking needs is 99.1%.

Key words: chronic daily intake of nitrates due to drinking (CDI_{oral}) and skin contact (CDI_{dermal}), hazard quotient (HQ_{oral} , HQ_{dermal}), hazard index (HI).

ЗМІСТ

	<i>Стор.</i>
ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. БЕЗПЕЧНА ПИТНА ВОДА ЯК НЕВІД’ЄМНА СКЛАДОВА ЗБЕРЕЖЕННЯ ГРОМАДСЬКОГО ЗДОРОВ’Я	9
1.1. Чиста вода як ціль сталого розвитку	9
1.2. Забруднена питна вода як джерело ризику для здоров’я населення	10
<i>Висновки до розділу 1</i>	12
РОЗДІЛ 2. ПРОГРАМА ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	13
2.1. Програма проведення досліджень	13
2.2. Методика проведення досліджень	14
РОЗДІЛ 3. ОЦІНКА РИЗИКУ НА ЗДОРОВ’Я НАСЕЛЕННЯ СІЛЬСЬКИХ НАСЕЛЕНИХ ПУНКТИВ ЖИТОМИРСЬКОГО РАЙОНУ ВІД СПОЖИВАННЯ ПИТНОЇ ВОДИ ДЖЕРЕЛ НЕЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ, ЗАБРУДНЕНОЇ НІТРАТАМИ	17
3.1. Якість води за вмістом нітратів	17
3.2. Граничний рівень споживання та середньодобова доза надходження нітратів	20
3.3. Неканцерогенний ризик та індекс небезпеки	23
<i>Висновки до розділу 3</i>	25
ВИСНОВКИ	26
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	28
ДОДАТКИ	32

ВСТУП

Актуальність теми досліджень. Безпечна та доступна вода є запорукою нашого здоров'я, незалежно від того, використовується вона для пиття, приготування їжі чи санітарно-гігієнічних потреб. Наразі 2 млрд. людей живуть у країнах із нестачею води, 3,5 млрд. – в умовах нестачі води принаймні один місяць на рік, 10% світового населення – в країнах із високим або критичним недоліком води, що невдовзі може погіршитися внаслідок зміни клімату (зростання температури, повеней та посух, дефіцит води) та зростання чисельності населення [8]. Щонайменше 2 млрд. людей користуються джерелом питної води, що є забрудненим, що, в свою чергу, створює ризики для здоров'я населення та пов'язане з передачею таких захворювань, у тому числі й розвитку хронічних. Хімічні речовини, що містяться в питній воді в надлишкових кількостях, є шкідливими для здоров'я та викликають занепокоєння лише після тривалого впливу впродовж років. Принциповим винятком у цьому є нітрати, які є найпоширенішим забруднювачем у ґрунтових водах через їх високу розчинність у воді та труднощі з закріпленням у ґрунті, що підкреслює зростаючий інтерес і занепокоєння щодо дослідження якості води та ризиків для здоров'я населення, зумовлених підвищенням вмістом нітратів у воді, особливо джерел нецентралізованого водопостачання. Більшість із нас не замислюється про воду, яку п'є. Якщо якість води з централізованої системи водопостачання контролюється водоканалом і загалом вважається безпечною, то про воду з джерел нецентралізованого водопостачання ми таке сказати не можемо, тому її якість викликає занепокоєння і потребує досліджень.

Мета і задачі досліджень. Мета досліджень полягає у оцінці ризику на здоров'я населення сільських населених пунктів Житомирського району від споживання питної води джерел нецентралізованого водопостачання, забрудненої нітратами.

Відповідно до мети, завдання включали:

- 1) відбір проб води з джерел нецентралізованого водопостачання на території сіл Березина, Вереси, Гадзинка, Глибочиця, Дениші, Кам'янка, Лука, Садки, Станишівка, Туровець та проведення лабораторних досліджень;
- 2) оцінка якості води за вмістом нітратів;
- 3) визначення та оцінка неканцерогенного ризику здоров'ю населення, зумовленого споживання води джерел нецентралізованого водопостачання.

Об'єкт дослідження – якість води джерел нецентралізованого водопостачання за вмістом нітратів.

Предмет дослідження – ризик для здоров'я населення від споживання води джерел нецентралізованого водопостачання.

Методи дослідження: критичний аналіз (огляд літературних джерел, обробка результатів досліджень), описовий, лабораторний (визначення вмісту нітратів у пробах води), порівняння (для визначення перевищень вмісту нітратів та рівня неканцерогенного ризику), статистичний та графічний (обробка та представлення даних), узагальнення (написання висновків).

Наукова новизна одержаних результатів: проведена оцінка ризику на здоров'я населення сільських населених пунктів Житомирського району від споживання питної води джерел нецентралізованого водопостачання, забрудненої нітратами.

Практичне значення отриманих результатів полягає у можливості їх використання органами влади сільських територіальних громад для розробки програм забезпечення безпеки питної на їх територіях та рішень і заходів щодо підвищення обізнаності населення з нітратною проблемою, покращення якості води джерел нецентралізованого водопостачання і мінімізації ризику здоров'ю населення.

Апробація результатів досліджень:

1) XVIII Всеукраїнська науково-практична конференція «Екологія. Наука. Практика – 2022» (21 травня 2022 р., м. Житомир, Поліський національний університет);

2) Міжнародна науково-практична конференція молодих науковців, аспірантів і здобувачів вищої освіти «Проблеми та перспективи розвитку сучасної науки» (11-12 травня 2023 р., м. Рівне, Національний університет водного господарства та природокористування).

Основні положення, що виносяться на захист:

- підвищений у 1,1 – 8,2 рази вміст нітратів у воді обстежених джерел нецентралізованого водопостачання зумовлював надходження нітратів від 2,24 до 16,4 мг/кг/добу для дітей та від 1,76 до 12,9 мг/кг/добу для дорослих (CDI_{oral}) і від 0,014 до 0,104 мг/кг/добу та від 0,008 до 0,059 мг/кг/добу відповідно (CDI_{dermal});
- факторами негативного впливу нітратів у воді джерел нецентралізованого водопостачання на стан здоров'я населення є концентрація нітратів у воді, індивідуальна сприйнятливість, вікова група, обсяг спожитої води та тривалість впливу;
- значення HQ_{oral} (1,94 – 7,1 для дітей та 1,53 – 5,59 для дорослих) перевищують 1 та вказують на серйозні потенційні ризики для здоров'я мешканців сіл, що пов'язані з надмірним вмістом нітратів у питній воді
- загальний неканцерогенний ризик (НІ) перевищував прийнятний рівень і варіював в межах від 1,96 до 7,17 для дітей та від 1,54 до 5,63 для дорослих. У значенні НІ частка HQ_{oral} складає 99,1%.

РОЗДІЛ 1

БЕЗПЕЧНА ПИТНА ВОДА ЯК НЕВІД'ЄМНА СКЛАДОВА ЗБЕРЕЖЕННЯ ГРОМАДСЬКОГО ЗДОРОВ'Я

1.1. Чиста вода як ціль сталого розвитку

Дослідження питної води джерел нецентралізованого водопостачання обумовлено, перш за все, необхідністю контролю її якості за всіма групами показників, адже не все населення (особливо мешканці сільських населених пунктів) має доступ до централізованого водопостачання.

У Доповіді ООН про розвиток водних ресурсів у світі за 2023 рік наголошено на прогалині у досягненні цілі щодо доступу до чистої води та санітарії до 2030 року, а її вартість становить від 600 млрд. до 1 трлн. доларів на рік. Це пояснюється збільшення споживання води (в 6 разів за останні 100 років і зростає на 1% щороку за останні 40 років та подальшим зростанням до 2050 р.), використанням 70% води світу сільським господарством та змінами клімату, наслідком чого є сезонний дефіцит води в окремих регіонах та його посилення (3,5 млрд людей живуть в умовах нестачі води принаймні один місяць на рік) [8].

Забезпеченість доступною якісною та безпечною питною водою є шостою Ціллю сталого розвитку. За період 2015 – 2021 рр. за індикаторами 6 ЦСР відсоток проб, що відхилялися від норми за групою показників, різнився як в межах місцевості (на нерівності між сільською та міською місцевістю у доступі до покращених джерел питної води наголошується і у [13]), так і за типом водопостачання з переважанням кількості відхилень в джерелах нецентралізованого водопостачання та у сільській місцевості. Так, за групою мікробіологічних показників відхилення від норми у 2015 – 2021 рр. мали від 7,6 до 13,8% проб у сільській місцевості і від 18 до 24,6% проб з джерел нецентралізованого водопостачання (індикатор 6.1.1); за радіаційними

показниками – від 0,5 до 12,5% та 0,4 до 8,8% проб відповідно (індикатор 6.1.2); за органолептичними, фізико-хімічними та санітарно-токсикологічними показниками – від 22,5 до 29,8% і від 30,4 до 34,4% проб відповідно (індикатор 6.1.3) (рис. 1.2).

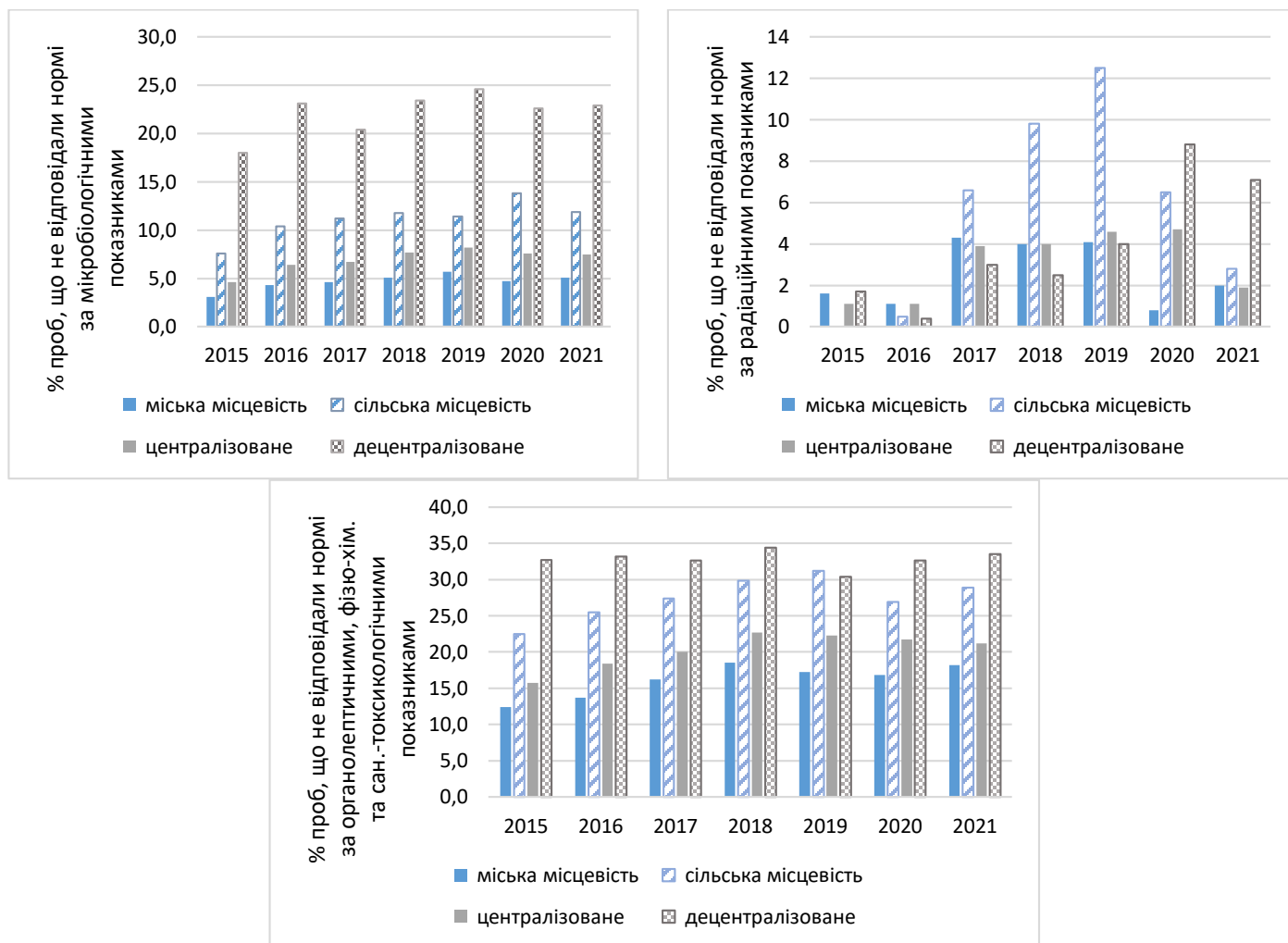


Рис. 1.2. Відхилення від норми у пробах води за групами показників (побудовано на основі даних [7])

У звіті ООН, опублікованому напередодні першої за останні 45 років великої конференції ООН з питань води, зазначено, що досі 26% населення світу не мають доступу до безпечної питної води, а 46% – навіть до базових засобів санітарії [8, 13, 15]. Що стосується частки міського населення та сільських

населених пунктів України, що має доступ до централізованого водопостачання, то станом на 2021 р. вона складала 98% та 23% відповідно [7].

1.2. Забруднена питна вода як джерело ризику для здоров'я населення

Загально відомо, що вода – основа життя, ми її щоденно споживаємо для забезпечення функціонування систем організму (на рис. 1.3 наведені відомості щодо обсягів споживання води за тиждень для 15 країн світу, 17674 дорослих, 3869 підлітків та 2600 дітей).

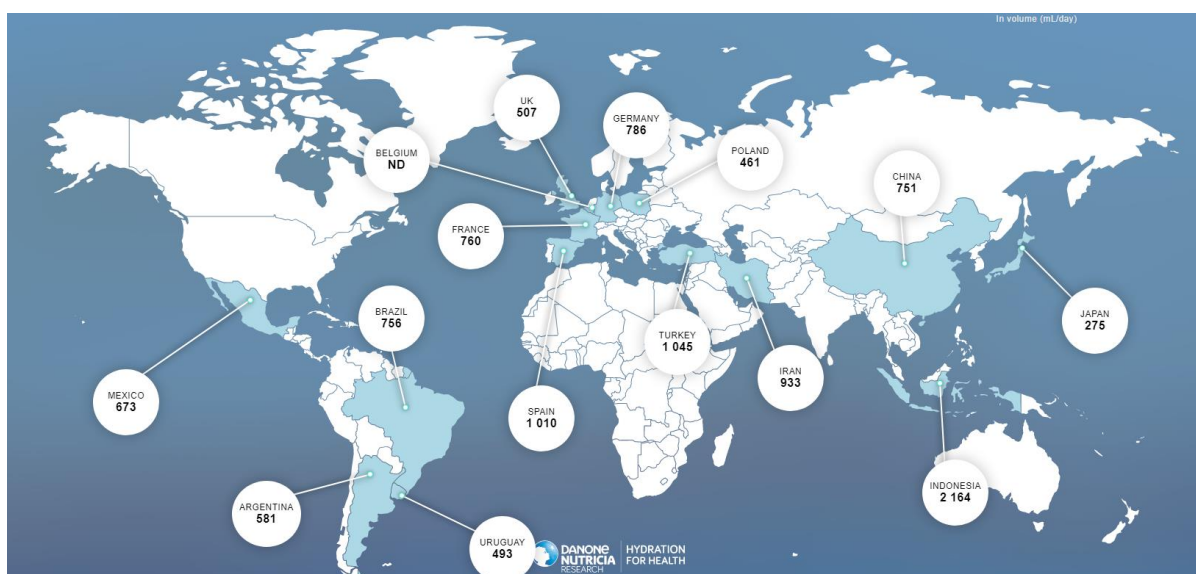


Рис. 1.3. Обсяг споживання води у світі за тиждень [14]

Проте поряд з надзвичайно важливим значенням води, у ній містяться різноманітні речовини, які у надлишкових кількостях можуть створювати ризики для здоров'я людини та провокувати холеру, діарею, дизентерію, гепатит А, черевний тиф та поліомієліт та онкологічні захворювання. У звіті ООН зазначено, що 26% населення світу не мають доступу до безпечної питної води, а 46% – до базових засобів санітарії, а щонайменше 2 млрд. людей користуються джерелом питної води, що є забрудненим. Серед забруднювачів води, які призводять до ризиків для здоров'я, на першому місці є нітрати, миш'як та фториди. Через воду неналежної якості, основною причиною чого є погана санітарія, щороку

помирають понад 3,4 млн. людей (у групі ризику знаходяться й діти віком до 5 років, для яких неякісна питна вода спричиняє 1,7 млрд. діарейних захворювань щороку, які зумовлюють 525 тис. смертей щорічно), чого можна було б уникнути, якщо враховувати всі фактори ризику [8, 13, 15].

Серед основних джерел забруднення питної води з нецетралізованого водопостачання розрізняють промисловість (особливо лікєро-горілчану, шкіряну, целюлозно-паперову, текстильну, харчову та металургійну (Chen B. та ін., 2019; Chowdhary P. та ін., 2020) і сільське господарство (міграція речовин зі сховищ у водоносні горизонти; забруднення пестицидами та азотними добривами під час дощового стоку чи танення снігу, просочення у водоносні горизонти (RCER, 1979; Parris K., 2011; Lai W., 2017)), відходи людської життєдіяльності (каналізаційні і септичні системи, неналежна утилізація відходів (Ustaoğlu F. та ін., 2020)) і тварин (відходи з годівниць) та природні джерела (Xiao J. та ін., 2019; Abascal E. та ін., 2022).

Якість питної води джерел нецетралізованого водопостачання викликає занепокоєння у всіх куточках світу та всебічно досліджується. Наукові праці стосуються як досліджень сприйняття ризику від споживання питної води (Anthonj C. та ін., 2022.), зв'язку якості питної води та здоров'я (Levallois P. та Villanueva C. M., 2019), гетерогенністю захворювань (Lin L. Та ін., 2022), тривалості життя людей (Lu J. та Yuan F., 2017; Валерко Р. А. та ін., 2022), глобальної діагностики забруднення ґрунтових вод нітратами та огляду технологій видалення (Abascal E. та ін., 2022), так і досліджень якості питної води та оцінки хронічного неканцерогенного ризику для здоров'я внаслідок перорального та шкірного впливу води для різних вікових груп на певних територіях, як от: в південно-західному регіоні Бангладеш (Rahman Md. A. та ін., 2021), муніципалітетах Тано-Норт (Гана) (Yeboah S. I. I. K. та ін., 2022) та Туламела (провінція Лімпопо) (Luvhimbi N. та ін., 2022), карстових джерельних вод у регіоні Добруджа (Румунія) (Moldovan A. та ін., 2020), США (Hopke P. K.

та ін., 2000), метрополії Ісламабад (Пакистан) (Sohail M. T. та ін., 2022), Сістані та Белуджестані (Іран) (Radfard M. та ін., 2019), сільській місцевості округу Черчілль, штат Невада (США) (Shaw W. D. та ін., 2005), Майанг, провінція Хунань (Китай) (Lu J. та Yuan F., 2017), північно-західному Ірані (Maleki N. G. та ін., 2022), Житомирської області (Герасимчук Л. О. та ін. 2021; Валерко Р. А. та ін., 2022) та оцінки ризиків внаслідок наявності певних елементів та сполук у воді, як от: важких металів, загальних колиформ та *E. Coli* (Shaw W. D. та ін., 2005; Radfard M. та ін., 2019; Moldovan A. та ін., 2020; Rahman Md. A. та ін., 2021; Luvhimbi N. та ін., 2022), нітратів, нітритів та амонію (Moldovan A. та ін., 2020; Sohail M. T. та ін., 2022; Герасимчук Л. О. та Валерко Р. А., 2021), родону (Норке Р. К. та ін., 2000). Ризики вивчалися як окремо для дітей молодшого шкільного віку (Rahman Md. A. та ін., 2021), так і для дорослих та дітей (Moldovan A. та ін., 2020; Sohail M. T. та ін. 2022; Валерко Р. А. та Герасимчук Л. О., 2022).

Висновки до розділу 1

1. Дослідження питної води джерел нецентралізованого водопостачання обумовлено, перш за все, необхідністю контролю її якості за всіма групами показників, адже не все населення (особливо мешканці сільських населених пунктів) має доступ до централізованого водопостачання.

2. 26% населення світу не мають доступу до безпечної питної води, а 46% – навіть до базових засобів санітарії. Частка міського населення та населення сільських населених пунктів України, яка має доступ до централізованого водопостачання станом на 2021 р. становила 98% та 23% відповідно.

3. Поряд з надзвичайно важливим значенням води, у ній містяться різноманітні речовини, які у надлишкових кількостях можуть створювати ризики для здоров'я людини та провокувати різноманітні хвороби.

РОЗДІЛ 2

ПРОГРАМА ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Програма проведення досліджень

Дослідження стосовно оцінки ризику для здоров'я населення сільських населених пунктів Житомирського району від споживання питної води джерел нецентралізованого водопостачання, забрудненої нітратами проводили протягом 2022 – 2023 рр. Інформаційною базою досліджень стали результати лабораторних досліджень щодо вмісту нітратів у воді, нормативи ДСанПіН 2.2.4-171-10 [5] та методика оцінки ризику USEPA [29].

Програма досліджень включала:

- огляд літературних джерел з теми досліджень;
- опанування методики оцінки ризику;
- відбір проб води джерел нецентралізованого водопостачання на території сіл Березина, Вереси, Гадзинка, Глибочиця, Дениші, Кам'янка, Лука, Садки, Станишівка, Туровець;
- визначення вмісту нітратів у воді;
- порівняння визначеного вмісту нітратів у воді з нормативом, встановленим у ДСанПіН 2.2.4-171-10;
- розрахунок хронічного надходження нітратів до організму людини внаслідок щоденного споживання питної води з джерел нецентралізованого водопостачання CDI_{oral} та її контакту зі шкірою CDI_{dermal} ;
- розрахунок коефіцієнтів неканцерогенного ризику від надходження нітратів;
- розрахунок загального індексу небезпеки HI;
- обробка та графічне представлення отриманих результатів;
- формулювання висновків.

2.2. Методика проведення досліджень

Ризик для здоров'я людини, зумовлений використанням води джерел нецентралізованого водопостачання розраховували для жителів сільських населених пунктів Житомирського району (села Березина, Вереси, Гадзинка, Глибочиця, Дениші, Кам'янка, Лука, Садки, Станишівка, Туровець), на підставі методики USEPA [29].

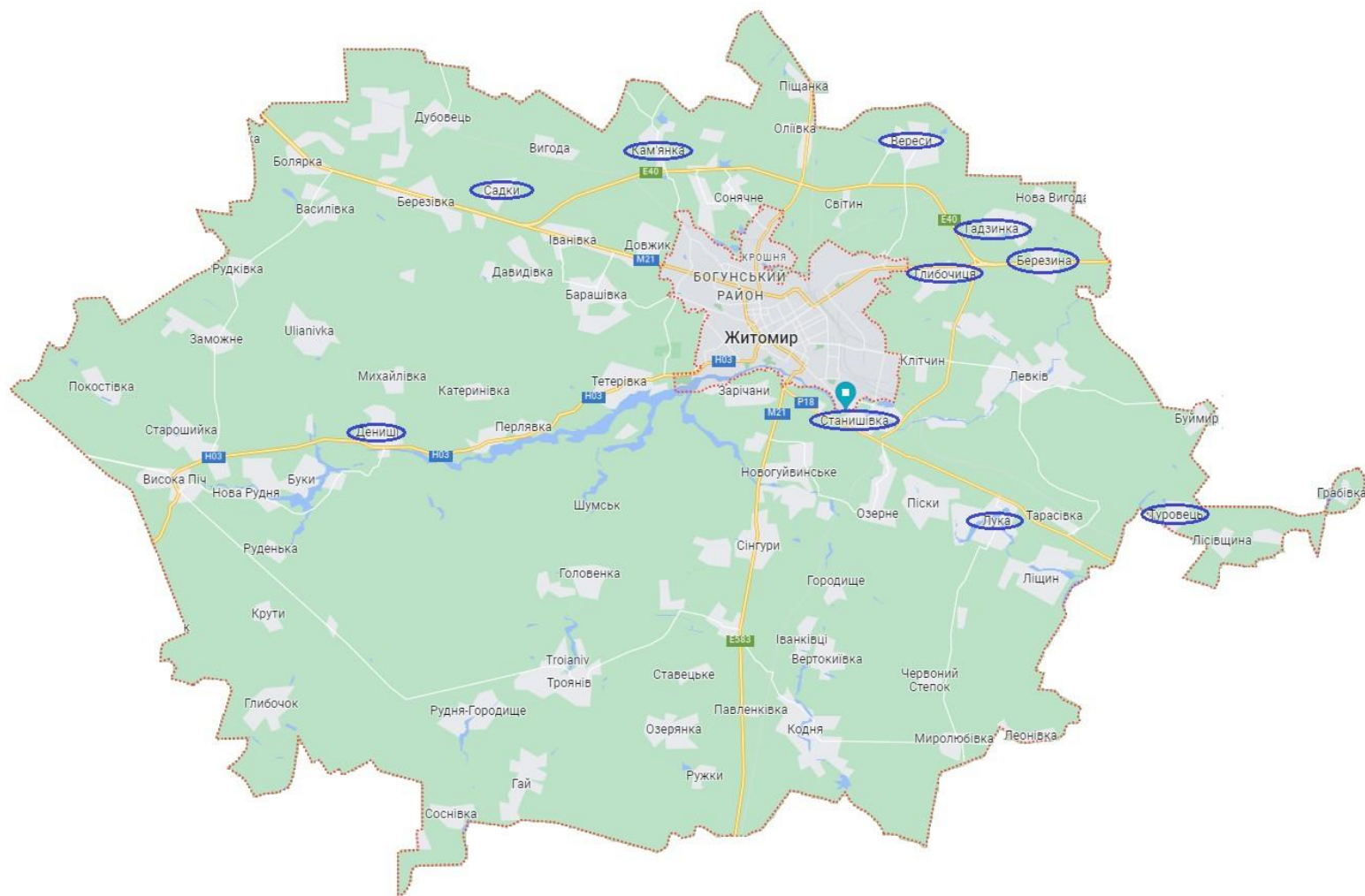


Рис. 2.1. Сільські населені пункти, у яких відбиралися проби води джерел нецентралізованого водопостачання

На території кожного сільського населеного пункти проби води відбиралися з двох джерел нецентралізованого водопостачання. Визначення вмісту нітратів у питній воді проводили у вимірювальній лабораторії навчально-

наукового центру екології та охорони навколишнього середовища Поліського національного університету. Перевищення допустимого вмісту нітратів у воді розраховували шляхом порівняння їх виміряного вмісту з нормативом ДСанПіН 2.2.4-171-10 [5].

Ризик оцінювали на підставі розрахунку хронічного надходження нітратів (мг/кг/добу) до організму людини внаслідок щоденного споживання питної води з джерел нецентралізованого водопостачання CDI_{oral} (формула 2.1) та її контакту зі шкірою CDI_{dermal} (формула 2.2) [29].

$$CD_{oral} = \frac{CW \cdot IR \cdot EF \cdot ED}{BW \cdot AT} \quad (2.1)$$

$$CD_{dermal} = \frac{CW \cdot SA \cdot K_p \cdot ET \cdot EF \cdot ED \cdot CF}{BW \cdot AT} \quad (2.2)$$

Вихідні дані для розрахунку зазначених формул наведені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1

Вихідні дані для розрахунку розрахунку хронічного надходження нітратів (мг/кг/добу) внаслідок споживання питної води з джерел нецентралізованого водопостачання (контакту зі шкірою) [29]

Параметри	Діти	Дорослі
CW – вміст нітратів у воді, мг/дм ³	результати вимірювань	
IR – споживання води, л/добу ⁻¹	1 л	2,2 л
EF – частота впливу, днів/рік ⁻¹	365 (350)	
ED – тривалість впливу, років	10 (6)	70 (30)
BW – середня маса тіла, кг	25	70
AT – час впливу, днів	3650 (2190)	25500 (10950)
SA – поверхня контакту із шкірою, см ²	6600	18000
K _p – коефіцієнт проникності забруднюючих речовин через шкіру, см·год ⁻¹	0,001	
ET – час експозиції, год ⁻¹	1	0,58
CF – коефіцієнт перетворення об'єму, л·см ⁻³	0,001	
RfD – референтна доза	1,6 (1,1)	

Коефіцієнт ризику розраховували за формулою 2.3. Розрахунки проводили як для орального, так і для шкірного шляхів надходження нітратів, а отриманий

результат порівнювали з 1 (значення HQ вище 1,0 свідчать про наявність неканцерогенного ризику [29]).

$$HQ = \frac{CDI}{RfD} \quad (2.3)$$

Вважаючи, що ризик є кумулятивним, розраховані вище неканцерогенні ризики після контакту з забрудненою питною водою оцінювалися за допомогою загального індексу небезпеки HI за формулою 2.4 [29]:

$$HI = HQ_{oral} + HQ_{dermal} \quad (2.4)$$

РОЗДІЛ 3

ОЦІНКА РИЗИКУ НА ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ СІЛЬСЬКИХ НАСЕЛЕНИХ ПУНКТІВ ЖИТОМИРСЬКОГО РАЙОНУ ВІД СПОЖИВАННЯ ПИТНОЇ ВОДИ ДЖЕРЕЛ НЕЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ, ЗАБРУДНЕНОЇ НІТРАТАМИ

3.1. Якість води за вмістом нітратів

У сільській місцевості, де в більшості відсутні централізовані системи водопостачання (станом на 2020 р. за даними [6] лише 17% житлової площі у сільській місцевості обладнано водопроводом) (рис. 3.1), місцеві жителі використовують воду джерел нецентралізованого водопостачання (як для забезпечення питних потреб, так і санітарно-гігієнічних), над якістю якої не замислюються, а отже, і не розуміють можливі негативні наслідки для власного здоров'я.

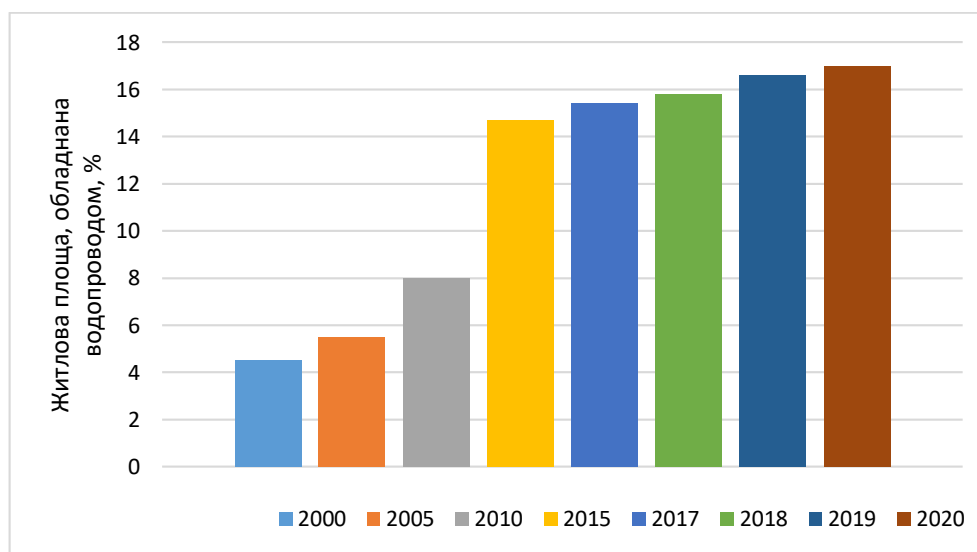


Рис. 3.1. Житлова площа у сільській місцевості, обладнана водопроводом

Нітрати у воді джерел нецентралізованого водопостачання наявні як наслідок обробітку ґрунту, застосування надмірних кількостей добрив, гною та

пестицидів (а також їх зберігання) та їх змиву і міграції після дощу. Враховуючи, що підвищений вміст нітратів може бути зумовлений сільськогосподарським стоком, найкращим методом запобігання їх надходженню до води джерел нецентралізованого водопостачання, буде їх захист від забруднення та дотримання вимог влаштування колодязів та каптажів джерел відповідно ДСанПіН 2.2.4-171-10 [5].

У разі доступності води належної якості на території сільських населених пунктів їх мешканці мають ряд переваг, а саме: менше затрат часу та зусиль на забір (тобто можуть бути продуктивними іншими способами); підвищується особиста безпеки та зменшується навантаження на опорно-рухову систему (у разі знаходження джерела на значній відстані); зменшуються витрати на охорону здоров'я (адже неякісна вода може спричинити ряд розладів), а оскільки діти піддаються більшому ризику захворювань, то якісна доступна вода, не призведе до негативних змін, а отже, матиме позитивні довгострокові наслідки для їхнього життя.

Встановлено, що вміст нітратів у воді всіх обстежених джерел нецентралізованого водопостачання сільських населених пунктів Житомирського району варіював від 56 мг/л (с. Туровець) до 410 мг/л (с. Березина) (рис. 3.2).

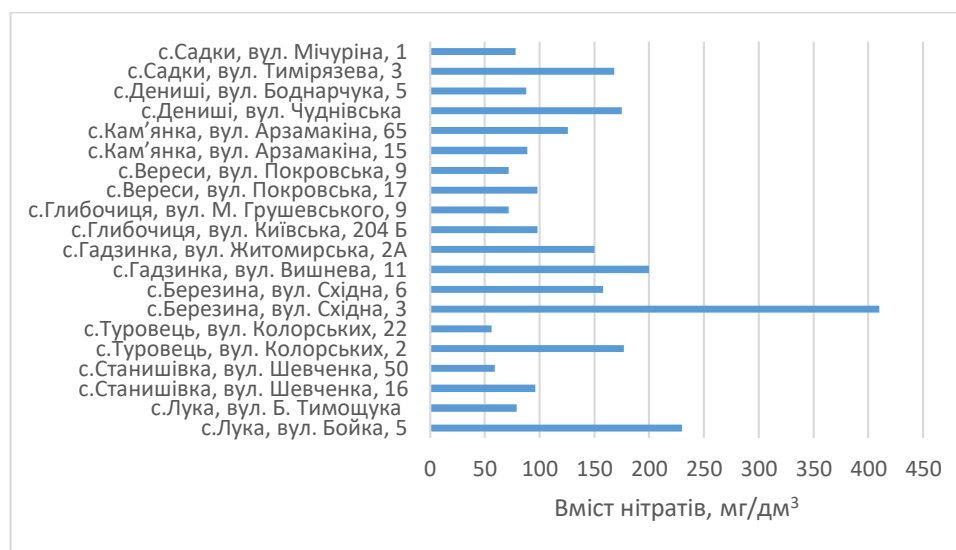


Рис. 3.2. Вміст нітратів у воді джерел нецентралізованого водопостачання

Перевищення встановленої ДСанПіН 2.2.4-171-10 норми у 50 мг/л в межах 1,1 – 1,5 рази фіксувалося у 20% обстежених джерел нецентралізованого водопостачання (села Станишівка, Туровець, Глибочиця, Вереси), до 2 разів – у 35% обстежених джерел (села Лука, Глибочиця, Вереси, Кам'янка, Дениші, Садки), до 3 разів – у 10% обстежених джерел (села Гадзинка та Кам'янка), до 4 разів – у 25% обстежених джерел (села Туровець, Березина, Гадзинка, Дениші, Садки), до 5 разів – у одному джерелі (с. Лука). Максимальне перевищення вмісту нітратів у воді у 8,2 рази виявлено у джерелі нецентралізованого водопостачання с. Березина (рис. 3.3).

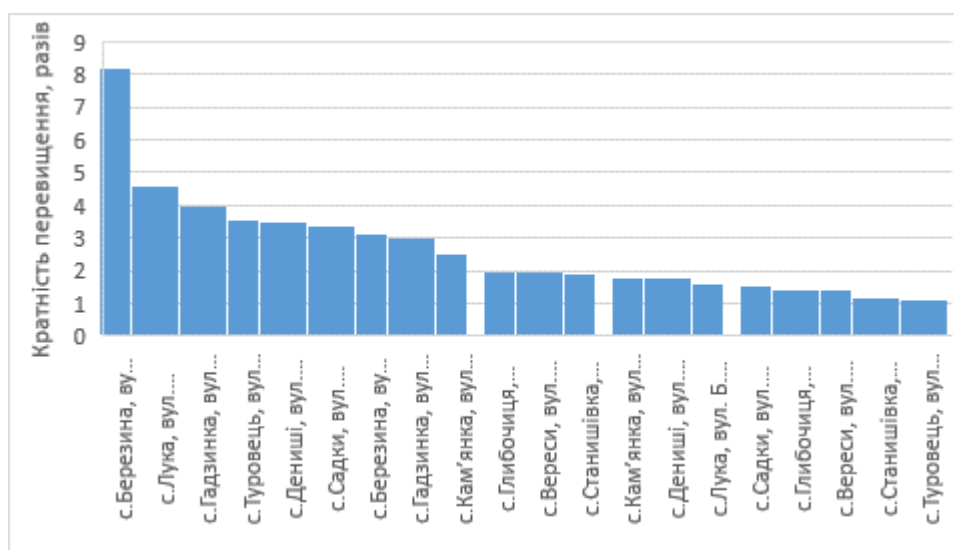


Рис. 3.3. Кратність перевищення вмісту нітратів у воді джерел нецентралізованого водопостачання

Зазначимо, що зі збільшенням відстані від джерела водопостачання, необхідної для транспортування води, може зростати і її забруднення. Також додатковим джерелом забруднення води, що призведе до погіршення її якості, може стати її неналежне зберігання та використання. Даний факт підтверджений дослідженнями, проведеними Luvhimbi N. та ін. (2022).

У роботі Levallois P. та Villanueva C. M. (2019) зазначено, що доступ до якісної питної води наразі залишається критичною проблемою та наголошується на необхідності перегляду нормативів з її якості. І лише оперативний та

ефективний моніторинг, на думку Rahman Md. A. та ін. (2021), здатний забезпечити безперервну придатність води для пиття.

3.2. Граничний рівень споживання та середньодобова доза надходження нітратів

Підвищені кількості речовин у воді джерел нецентралізованого водопостачання є шкідливими для здоров'я та зазвичай викликають занепокоєння лише після тривалого впливу, але нітрати є винятком у цьому. Допустимий вміст нітратів у воді джерел нецентралізованого водопостачання у 50 мг/л встановлений, щоб убезпечити ризики для здоров'я (такі як метгемоглобінемія, яка значно ускладнюється наявністю мікробного забруднення води, і вплив на щитовидну залозу) найбільш чутливої частини населення – немовлят, які знаходяться на штучному вигодовуванні. Хоча норматив базується на короткочасних ефектах, він є захисним для довгострокових наслідків для здоров'я для дітей старшого віку та дорослих [15].

Якщо питна вода джерел нецентралізованого водопостачання містить нітрати у підвищених кількостях, це може спричинити ризики для здоров'я мешканців, що її споживає (від шлунково-кишкових інфекцій до онкозахворювань). Оцінка ризику, на думку Anthonj C. та ін., 2022, є важливим для управління, підвищення обізнаності та зміни поведінки населення.

Враховуючи, що референтна доза для людини становить 1,6 мг/кг/добу, граничний рівень надходження нітратів до організму внаслідок пиття дитини вагою 25 кг становитиме 40 мг/добу, дорослого вагою 70 кг – 112 мг/добу, а при контакті зі шкірою, враховуючи значення референтної дози 1,1 мг/кг/добу, – 27,5 мг/добу для дитини та 77 мг/добу для дорослого (табл. 3.1).

Розрахована доза внаслідок щоденного споживання питної води з джерел нецентралізованого водопостачання CDI_{oral} та використання її для забезпечення

санітарно-гігієнічних потреб CDI_{dermal} для дітей та дорослих представлена на рис. 3.4 – 3.7 відповідно.

Таблиця 3.1

Граничний рівень надходження нітратів до організму людини внаслідок споживання води джерел нецентралізованого водопостачання

Категорія населення	Маса тіла, кг	Граничний рівень надходження нітратів, мг/добу	
		питні потреби	санітарно-гігієнічні потреби
Діти	25	40	27,5
Дорослі	70	112	77

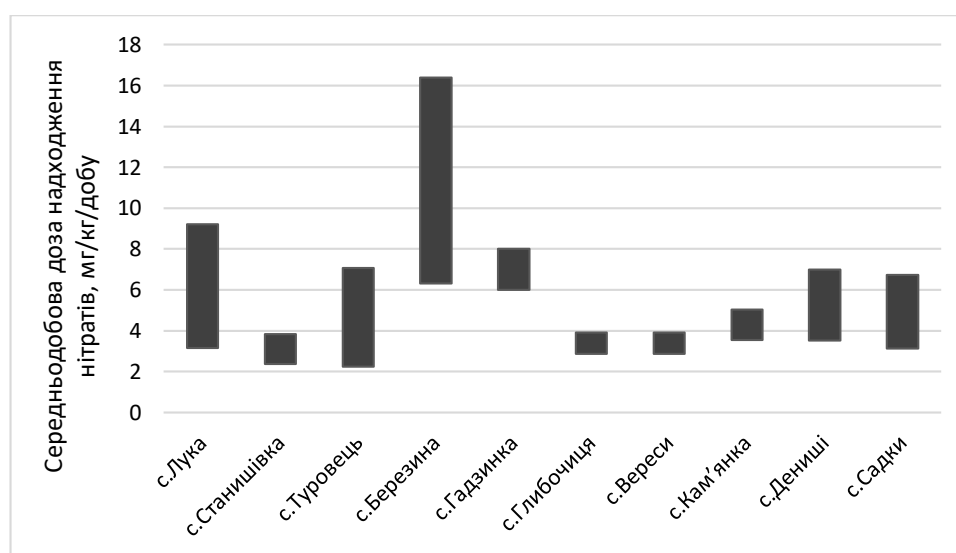


Рис. 3.4. Середньодобова доза надходження нітратів до організму дітей внаслідок споживання питної води з джерел нецентралізованого водопостачання (CDI_{oral})

Величина CDI_{oral} коливалася в межах від 2,24 до 16,4 мг/кг/добу для дітей (рис. 3.4) та від 1,76 до 12,9 мг/кг/добу для дорослих (рис. 3.5).

Значення CDI_{dermal} варіювало в межах від 0,014 до 0,104 мг/кг/добу для дітей (рис. 3.6) та від 0,008 до 0,059 мг/кг/добу для дорослих (рис. 3.7).

Граничні значення зафіксовані у джерелах нецентралізованого водопостачання с. Туровець (мінімальне) та с. Березина (максимальне).

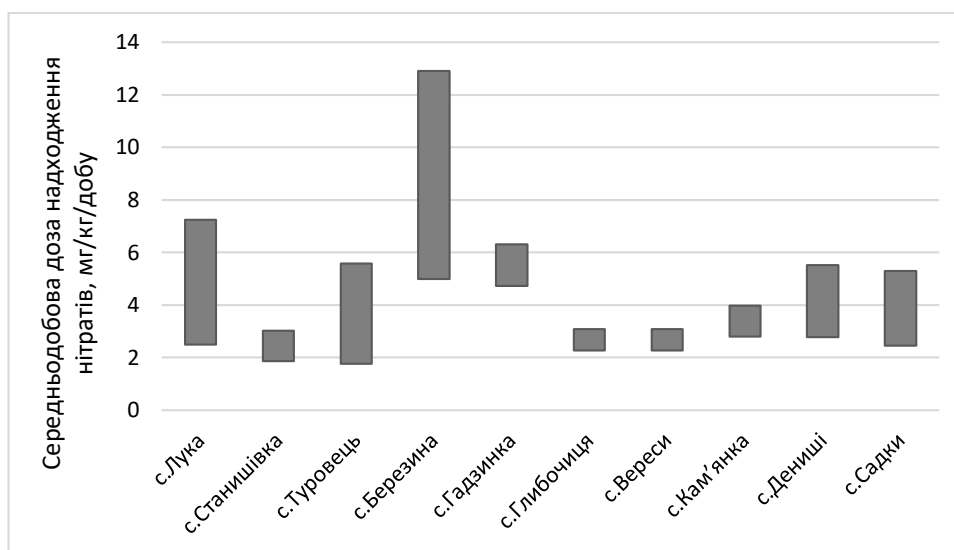


Рис. 3.5. Середньодобова доза надходження нітратів до організму дорослих внаслідок споживання питної води з джерел нецентралізованого водопостачання (CDI_{oral})

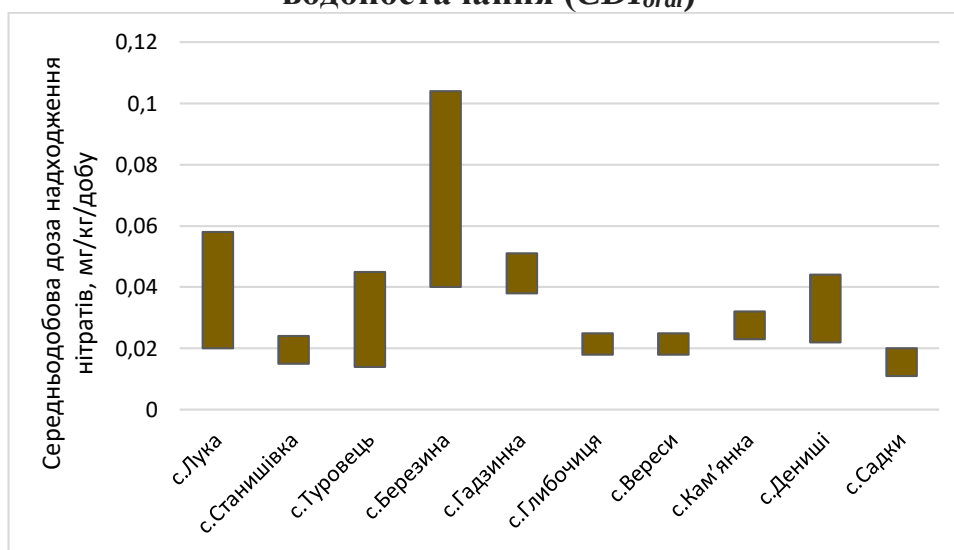


Рис. 3.6. Середньодобова доза надходження нітратів до організму дітей внаслідок використання води з джерел нецентралізованого водопостачання для забезпечення санітарно-гігієнічних потреб (CDI_{dermal})

Отже, хронічне добове споживання (CDI) є набагато вищим для орального впливу, ніж для шкірного впливу нітратів, як для дорослого населення, так і для дітей. Отримані нами результати підтверджені і у роботі Moldovan A. та ін. (2020).

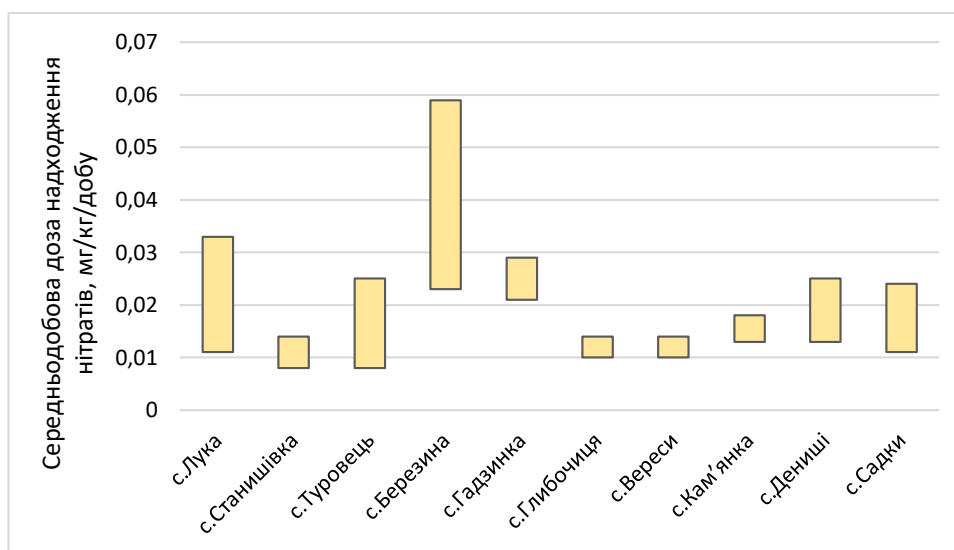


Рис. 3.7. Середньодобова доза надходження нітратів до організму дорослих внаслідок споживання питної води з джерел нецентралізованого водопостачання (CDI_{dermal})

Зазначимо, що добове споживання води людиною у 2 л є загальноприйнятим значенням для людини вагою 60 кг [29]. І саме воно використовується для оцінки ризику, зумовленого наявністю потенційно небезпечних речовин та їх сполук у питній воді. Проте фактичне споживання води є індивідуальним та залежить від статі, фізичної активності, температурних умов, харчових звичок тощо. У [8] наводяться відомості щодо середньорічного базового добового споживання для пиття та приготування їжі – 8 л. Залежно від обставин, набагато більша кількість води може щоденно контактувати зі шкірою або кухонним посудом, тому повинна мати мінімальне забруднення.

3.3. Неканцерогенний ризик та індекс безпеки

Безпечна питна вода необхідна для всіх звичних нам домашніх цілей, включаючи пиття, приготування їжі та особисту гігієну і не повинна спричиняти жодного значного ризику для здоров'я протягом її споживання. Найбільш уразливими групами є немовлята, хворі люди та особи похилого віку. Той факт, що діти більш сприйнятливіші, ніж дорослі, підтверджено у дослідженнях Sohail

М. Т. та ін. (2022). Саме за величиною ризику (а саме його прийнятного рівня в конкретних умовах) як показника безпеки питної води джерел нецентралізованого водопостачання, ми можемо судити про її якість.

Таблиця 3.2

**Ризик для здоров'я мешканців сільських населених пунктів
Житомирського району, зумовлений споживанням води джерел
нецентралізованого водопостачання**

	HQ _{oral}		HQ _{dermal}		HI	
	Діти	Дорослі	Діти	Дорослі	Діти	Дорослі
с.Лука	3,86	3,04	$3,56 \cdot 10^{-2}$	$2,01 \cdot 10^{-2}$	3,90	3,06
с.Станишівка	1,94	1,53	$1,78 \cdot 10^{-2}$	$1,01 \cdot 10^{-2}$	1,96	1,54
с.Туровець	2,91	2,29	$2,68 \cdot 10^{-2}$	$1,51 \cdot 10^{-2}$	2,94	2,31
с.Березина	7,10	5,59	$6,54 \cdot 10^{-2}$	$3,69 \cdot 10^{-2}$	7,17	5,63
с.Гадзинка	4,38	3,44	$4,03 \cdot 10^{-2}$	$2,28 \cdot 10^{-2}$	4,42	3,47
с.Глибочиця	2,13	1,67	$1,96 \cdot 10^{-2}$	$1,11 \cdot 10^{-2}$	2,14	1,68
с.Вереси	2,13	1,67	$1,96 \cdot 10^{-2}$	$1,11 \cdot 10^{-2}$	2,14	1,68
с.Кам'янка	2,69	2,12	$2,47 \cdot 10^{-2}$	$1,40 \cdot 10^{-2}$	2,71	2,13
с.Дениші	3,29	2,59	$3,03 \cdot 10^{-2}$	$1,71 \cdot 10^{-2}$	3,32	2,61
с.Садки	3,08	2,42	$2,83 \cdot 10^{-2}$	$1,60 \cdot 10^{-2}$	3,10	2,44

Значення HQ вище 1 (такі значення отримані в результаті розрахунку HQ_{oral} для джерел у всіх обстежених сільських населених пунктах, які становили від 1,94 до 7,1 для дітей та від 1,53 до 5,59 для дорослих) може вказувати на серйозні потенційні ризики для здоров'я мешканців сіл, що пов'язані з надмірним вмістом нітратів у питній воді.

Розраховані значення HQ_{dermal} знаходилися в межах від $1,78 \cdot 10^{-2}$ до $6,54 \cdot 10^{-2}$ для дитячого населення та від $1,01 \cdot 10^{-2}$ до $3,68 \cdot 10^{-2}$ для дорослого і не перевищували одиниці, що свідчить про те, що ризик впливу нітратів у разі контакту зі шкірою є прийнятним.

Значення загального неканцерогенного ризику, який представлений індексом небезпеки (HI), перевищували прийнятний рівень ($HI > 1$) і варіювали в межах від 1,96 до 7,17 для дітей та від 1,54 до 5,63 для дорослих.

Отримані величини ризику різняться для дорослого та дитячого населення. Так, HQ_{oral} для дітей є вищою на 21,3%, ніж у дорослих (як і HI), HQ_{dermal} — на 43,5%.

У значенні загального індексу небезпеки частка коефіцієнту небезпеки від споживання води для задоволення питних потреб складає 99,1%.

Отже, встановлено, що рівень ризику від використання води залежить від концентрації нітратів у ній, вікової групи, що споживає таку воду, тривалості споживання та обсягів споживання.

Зазначимо, що необхідно враховувати той факт, що для розрахунку неканцерогенного ризику використовувався лише вміст нітратів у воді джерел нецентралізованого водопостачання. До того ж сучасна оцінка ризику не враховує потенційний синергізм забруднюючих речовин.

Враховуючи викладене, органам місцевого самоврядування, які представляють інтереси сільських населених пунктів Житомирського району, необхідно провести оцінку якості води джерел нецентралізованого водопостачання та встановити рівень ризику для здоров'я населення, зумовленого її споживанням, а також поінформувати місцевих жителів щодо небезпек, пов'язаних із споживанням забрудненої нітратами води джерел нецентралізованого водопостачання та вимог влаштування колодязів та каптажів джерел відповідно ДСанПіН 2.2.4-171-10.

Висновки до розділу 3

1. Підвищений у 1,1 – 8,2 рази вміст нітратів у воді обстежених джерел нецентралізованого водопостачання зумовлював надходження нітратів від 2,24 до 16,4 мг/кг/добу для дітей та від 1,76 до 12,9 мг/кг/добу для дорослих (CDI_{oral}) і від 0,014 до 0,104 мг/кг/добу та від 0,008 до 0,059 мг/кг/добу (CDI_{dermal}).

2. Розраховані значення HQ_{oral} (1,94 – 7,1 для дітей та 1,53 – 5,59 для дорослих) перевищують 1 та вказують на серйозні потенційні ризики для здоров'я мешканців сіл, що пов'язані з надмірним вмістом нітратів у питній воді.

3. У значенні НІ частка коефіцієнту небезпеки від споживання води для задоволення питних потреб складає 99,1%.

ВИСНОВКИ

1. Враховуючи, що лише 17% житлової площі у сільській місцевості Житомирської області обладнано водопроводом, місцеві жителі для забезпечення питних та санітарно-гігієнічних потреб використовують воду джерел нецентралізованого водопостачання.

2. Вміст нітратів у воді обстежених джерел нецентралізованого водопостачання сільських населених пунктів Житомирського району варіював від 56 мг/л (с. Туровець) до 410 мг/л (с. Березина), що перевищує встановлену ДСанПіН 2.2.4-171-10 норму у 50 мг/л у 1,1 – 8,2 рази.

3. Граничний рівень надходження нітратів до організму внаслідок пиття становить 40 мг/добу для дитини та 12 мг/добу для дорослого, а при контакті зі шкірою – 27,5 мг/добу та 77 мг/добу відповідно.

4. Розрахована доза внаслідок щоденного споживання питної води з джерел нецентралізованого водопостачання коливалася від 2,24 до 16,4 мг/кг/добу для дітей та від 1,76 до 12,9 мг/кг/добу для дорослих, а внаслідок використання для забезпечення санітарно-гігієнічних потреб – від 0,014 до 0,104 мг/кг/добу та від 0,008 до 0,059 мг/кг/добу відповідно.

5. За величиною ризику (а саме його прийнятного рівня в конкретних умовах) як показника безпеки питної води, ми можемо судити про її якість. Розраховані значення HQ_{oral} (1,94 – 7,1 для дітей та 1,53 – 5,59 для дорослих) перевищують 1 та вказують на серйозні потенційні ризики для здоров'я мешканців сіл, що пов'язані з надмірним вмістом нітратів у питній воді. Значення HQ_{dermal} не перевищували одиниці, що свідчить про те, що ризик впливу нітратів у разі контакту зі шкірою є прийнятним. Коефіцієнт небезпеки HQ_{oral} для дітей є вищим на 21,3%, ніж у дорослих, HQ_{dermal} – на 43,5%.

6. Значення загального неканцерогенного ризику, представленого індексом небезпеки (HI), залежить від концентрації нітратів у воді, вікової групи,

що її споживає, тривалості та обсягів споживання, перевищували прийнятний рівень ($HI > 1$) і варіювали в межах від 1,96 до 7,17 для дітей та від 1,54 до 5,63 для дорослих. У значенні загального індексу небезпеки частка коефіцієнту небезпеки від споживання води для задоволення питних потреб складає 99,1%.

7. Необхідно враховувати той факт, що для розрахунку неканцерогенного ризику використовувався лише вміст нітратів у воді джерел нецентралізованого водопостачання. До того ж сучасна оцінка ризику не враховує потенційний синергізм забруднюючих речовин.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Валерко Р. А., Герасимчук Л. О., Романчук Л. Д. ГІС як інструмент контролю та управління у сфері нецентралізованого водопостачання у межах ОТГ : монографія. Житомир : Поліський національний університет, 2022. 165 с.
2. Герасимчук Л. О., Валерко Р. А. Якість води джерел нецентралізованого водопостачання на території сільських населених пунктів Житомирської області. *Екологічні науки*. 2021. №7(34). С. 145-150. DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.7-34.24>.
3. Герасимчук Л. О., Дем'янчук С. А., Кір'ян Д. В. Екологічна безпека джерел нецентралізованого водопостачання на території приміської зони м. Житомир. *Екологія. Наука. Практика – 2022*: мат-ли XVIII Всеукр. наук.-практ. конф., м. Житомир, 21 травня 2022 року. Житомир: Поліський національний університет, 2022. С.15–16.
4. Демянчук С. А. Чиста питна вода як ціль сталого розвитку. *Проблеми та перспективи розвитку сучасної науки*: мат-ли Міжнар. наук.-практ. конф. молодих науковців, аспірантів і здобувачів вищої освіти (11-12 травня 2023 р., м. Рівне, Національний університет водного господарства та природокористування).
5. Про затвердження Державних санітарних норм та правил "Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною" (ДСанПіН 2.2.4-171-10): МОЗ України; Наказ, Норми, Правила від 12.05.2010 № 400. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10>.
6. Статистичний щорічник Житомирської області 2021 / За ред. Г. Пашинської. Житомир: Головне управління статистики у Житомирській області, 2022. 433 с.
7. Ціль 6. Чиста вода та належні санітарні умови. <https://www.ukrstat.gov.ua>.
8. A quarter of world population lacks safe drinking water. URL: <https://apnews.com/article/7a3671dc74f788e36adff9ef9879ed91>.

9. Abascal E., Gómez-Coma L., Ortiz I., Ortiz A. Global diagnosis of nitrate pollution in groundwater and review of removal technologies. *Science of The Total Environment*. 2022. №810. 152233. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2021.152233.
10. Anthonj C., Setty K. E., Ferrero G., Yaya Al-M. A., Poague K. I. H. M., Marsh A. J., Augustijn E.-W. Do health risk perceptions motivate water - and health-related behaviour? A systematic literature review. *Science of The Total Environment*. 2022. №819: 152902. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2021.152902.
11. Chen B., Wang M., Duan M., Ma X., Hong J., Xie F. In Search of Key: Protecting Human Health and the Ecosystem from Water Pollution in China. *J. Clean. Prod.* 2019. № 228. P. 101–111. DOI:10.1016/j.jclepro.2019.04.228.
12. Chowdhary P., Bharagava R. N., Mishra S., Khan N. Role of Industries in Water Scarcity and its Adverse Effects on Environment and Human Health. *Environ. Concerns Sustain. Dev.* 2020. P. 235–256. DOI: 10.1007/978-981-13-5889-0_12.
13. Drinking-water. URL: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>.
14. Fluid Intake Interactive Map. URL: <https://liqin7.hydratationforhealth.com/#/basecamp/basecamp>.
15. Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first addendum. Geneva: World Health Organization; 2017. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. URL: [https://www.who.int/publications/m/item/guidelines-for-drinking-water-quality-4th-ed.-incorporating-the-1st-addendum-\(chapters\)](https://www.who.int/publications/m/item/guidelines-for-drinking-water-quality-4th-ed.-incorporating-the-1st-addendum-(chapters)).
16. Hopke P. K., Borak T. B., Doull J., Cleaver J. E., Eckerman K. F., Gundersen L. C. S., Harley N. H., Hess C. T., Kinner N. E., Kopecky K. J., McKone T. E., Sextro R. G., Simon S. L.. Health risks due to radon in drinking water. *Environ. Sci. Technol.* 2000. №34(6). P. 921–926. DOI: 10.1021/es9904134.
17. Lai W. Pesticide use and health outcomes: evidence from agricultural water pollution in China. *J. Environ. Econ. Manag.* 2017. №86. P. 93–120. doi:10.1016/j.jeem.2017.05.006.

18. Levallois P., Villanueva C. M. Drinking water quality and human health: An Editorial. *Int J Environ Res Public Health*. 2019. №16(4):631. DOI: 10.3390/ijerph16040631. PMID: 30795523; PMCID: PMC6406761.
19. Lin L., Yang H., Xu X. Effects of water pollution on human health and disease heterogeneity: A Review. *Front. Environ. Sci*. 2022. №10:880246. DOI: 10.3389/fenvs.2022.880246.
20. Lu J., Yuan F. The effect of drinking water quality on the health and longevity of people – a case study in Mayang, Hunan Province, China. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci*. 2017. DOI 10.1088/1755-1315/82/1/012005.
21. Luvhimbi N., Tshitangano T. G., Mabunda J. T., Olaniyi F. C., Edokpayi J. N. Water quality assessment and evaluation of human health risk of drinking water from source to point of use at Thulamela municipality, Limpopo Province. *Sci Rep*. 2022. № 12(1):6059. DOI: 10.1038/s41598-022-10092-4.
22. Moldovan A., Hoaghia M.-A., Kovacs E., Mirea I. C., Kenesz M., Arghir R. A., Petculescu A., Levei E. A., Moldovan O. T. Quality and health risk assessment associated with water consumption – a case study on karstic springs. *Water*. 2020. №12(12):3510. DOI: 10.3390/w12123510.
23. Parris K. Impact of Agriculture on Water Pollution in OECD Countries: Recent Trends and Future Prospects. *Int. J. Water Resour. Dev*. 2011. №27(1). P. 33–52. DOI:10.1080/07900627.2010.531898.
24. Radfard M., Yunesian M., Nabizadeh R., Biglari H., Nazmara S., Hadi M., Yousefi N., Yousefi M., Abbasnia A., Mahvi A. H. Drinking water quality and arsenic health risk assessment in Sistan and Baluchestan, Southeastern Province, Iran. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*. 2019. №25(4). P. 949-965. DOI: 10.1080/10807039.2018.1458210.
25. Rahman Md. A., Islam Md. R., Kumar S., Al-Reza S. M. Drinking water quality, exposure and health risk assessment for the school-going children at school

time in the southwest coastal of Bangladesh. *Journal of Water, Sanitation and Hygiene for Development*. 2021. №11 (4). P.: 612–628. DOI: 10.2166/washdev.2021.016.

26. Royal Commission for Environmental Pollution 1979 Seventh Report. Agriculture and Pollution. London, UK: H.M.S.O. URL: <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=XF2015016481>.

27. Shaw W. D., Walker M. Benson M. Treating and drinking well water in the presence of health risks from arsenic contamination: results from a U.S. hot spot. *Risk Analysis*. 2005. №25. P. 1531-1543. DOI: 10.1111/j.1539-6924.2005.00698.x.

28. Sohail M. T., Ehsan M., Riaz S., Elkaeed E. B., Awwad N. S., Ibrahim H. A. investigating the drinking water quality and associated health risks in metropolis area of Pakistan. *Frontiers in Materials*. 2022. №9. DOI: 10.3389/fmats.2022.864254.

29. U.S. Environmental Protection Agency USEPA. Risk Assessment Guidance for Superfund Volume I: Human Health Evaluation Manual (Part E). 2004. URL: https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-09/documents/part_e_final_revision_10-03-07.pdf.

30. Ustaoglu F., Tepe Y., Taş B., Pag N. Assessment of Stream Quality and Health Risk in a Subtropical Turkey River System: A Combined Approach Using Statistical Analysis and Water Quality Index. *Ecol. Indic.* 2020. №113. DOI: 10.1016/j.ecolind.2019.105815.

31. Xiao J., Wang L., Deng L., Jin Z. Characteristics, Sources, Water Quality and Health Risk Assessment of Trace Elements in River Water and Well Water in the Chinese Loess Plateau. *Sci. Total Environ.* 2019. 650 (Pt 2), 2004–2012. doi:10.1016/j.scitotenv.2018.09.322.

32. Yeboah S. I. I. K., Antwi-Agyei P., Domfeh M. K. Drinking water quality and health risk assessment of intake and point-of-use water sources in Tano North Municipality, Ghana. *Journal of Water, Sanitation and Hygiene for Development*. 2022. №12 (2). P.: 157–167. DOI: 10.2166/washdev.2022.152.