

УДК 543.3: 504.064

DOI <https://doi.org/10.32782/pcsd-2022-1-10>

Олена СТАДНІЧУК

кандидат хімічних наук, науковий співробітник науково-дослідної лабораторії (аналізу і прогнозування надзвичайних ситуацій), Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, вул. Героїв Майдану 32, м. Львів, Україна, 29026

ORCID: 0000-0002-9710-9015

Scopus Author ID: 9134184100

Лілія КРОПИВНИЦЬКА

кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри біології та хімії, Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка, вул. Івана Франка, 24, м. Дрогобич, Львівська область, Україна, 82100

ORCID: 0000-0002-4419-3727

Людмила КУЧЕР

кандидат економічних наук, доцент, старший викладач кафедри управління повсякденною діяльністю військ та тилового забезпечення, Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, вул. Героїв Майдану 32, м. Львів, Львівська область, Україна, 29026

ORCID: 0000-0002-9592-7153

Бібліографічний опис статті: Стаднічук, О., Кропивницька, Л., Кучер, Л. (2022). Забруднення децентралізованих джерел питної води нітратами та оцінка ризику для здоров'я населення. *Проблеми хімії та сталого розвитку*, 1, 71–80, doi: <https://doi.org/10.32782/pcsd-2022-1-10>

ЗАБРУДНЕННЯ ДЕЦЕНТРАЛІЗОВАНИХ ДЖЕРЕЛ ПИТНОЇ ВОДИ НІТРАТАМИ ТА ОЦІНКА РИЗИКУ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ

Подвоєння швидкості осідання нітрогену на землі, збільшення нітратного забруднення питної води та збільшення ризику виникнення певних захворювань при цьому є актуальним питанням для людства. Метою дослідження було визначення якості питної води децентралізованого водопостачання впродовж 2018-2021 років на території Волочиської МТГ, Війтівецької ОТГ та Наркевицької ОТГ Хмельницького району Хмельницької області та встановлення можливого ризику виникнення різних захворювань в умовах постійного зростання антропогенного навантаження. Використовувались польові, лабораторно-аналітичні та статистичні методи. Проведений аналіз якості децентралізованого водопостачання води впродовж 2018-2021 років з 297 точок відбору, що знаходяться на території Волочиської МТГ, Війтівецької ОТГ та Наркевицької ОТГ Хмельницького району Хмельницької області встановив, що більшість гідрохімічних показників мають допустимі значення. Винятком були поодинокі перевищення нітритів та йонів амонію. Крім того, усі зразки за твердістю відповідають твердому (35%) та дуже твердому (65%) типу природної води, що перевищує допустимі встановлені норми. Майже у 33% проб зафіксовано відхилення від нормативних значень за вмістом нітратів. У селах Криваченці, Гайдайки, Писарівка Війтівецької ОТГ, Ріпна, Поляни, Тарноруда, Канівка, Липівка, Гонорівка, Великі Жеребки Волочиської МТГ, Бубнівка Наркевицької ОТГ виявлено перевищення нітратів було у 1,3÷3,2 рази. Не рекомендується вживати воду з криниць, розташованих в освітніх закладах сіл Авратин, Лозова (Волочиська МТГ), Писарівка, Криваченці (Війтівецька ОТГ), Бубнівка, Дзеленці (Наркевицька ОТГ), оскільки вміст нітратів становить 59÷184 мг/м³. За усередненим значенням ІЗВ досліджувані проби належать до 3 класу (ІЗВ=1,2), а за усередненим значенням по нітратній групі – 7,1, що відповідає 6 класу. У десяти селах питна вода за нітратною групою відноситься до 7 класу. Коефіцієнт безпеки можливо виникнення певних захворювань спричинених підвищеним вмістом нітратів становить 1,1÷4,6, що відповідає середньому рівню небезпеки. Коефіцієнт ризику для неповнолітніх є більший (0,6÷4,6), ніж для дорослого населення (0,03÷3,0). Вживання води з підвищеним вмістом нітратів небезпечно використовувати для господарських потреб, оскільки тривале споживання може привести до патологічних змін в організмі людини, а у дітей може викликати безсимптомну метгемоглобінемію.

Ключові слова: нітрати, децентралізоване водопостачання, якість води, оцінка ризику захворювання.

Olena STADNICHUK

Candidate of Chemical Sciences, Research Fellow at the Research Laboratory (Analysis and Forecasting of Emergencies), Hetman Petro Sahaidachnyi National Army Academy, 32 Heroiv Maidan str., Lviv, Ukraine, 29026

ORCID: 0000-0002-9710-9015

Scopus Author ID: 9134184100

Lilia KROPYVNYTSKA

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor at the Department of Biology and Chemistry, Ivan Franko Drohobych State Pedagogical University, 24 Ivana Franka str., Drohobych, Lviv region, Ukraine, 82100

ORCID: 0000-0002-4419-3727

Liudmyla KUCHER

Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Senior Lecturer at the Department of Management of Routine Military Activities and Logistics, Hetman Petro Sahaidachnyi National Army Academy, vul. Heroiv Maidan 32, Lviv, Lviv region, Ukraine, 29026

ORCID: 0000-0002-9592-7153

To cite this article: Stadnichuk, O., Kropyvnytska, L., Kucher, L. (2022). Zabrudnennia detsentralizovanykh dzherel pytnoi vody nitratamy ta otsinka ryzyku dlia zdorov'ia naselennia [Contamination of decentralized drinking water sources and risk assessment of public health]. *Problems of Chemistry and Sustainable Development*, 1, 71–80, doi: <https://doi.org/10.32782/pcsd-2022-1-10>

CONTAMINATION OF DECENTRALIZED DRINKING WATER SOURCES WITH NITRATES AND RISK ASSESSMENT OF POPULATION HEALTH

Doubling the rate of nitrogen deposition on the ground, increasing nitrate pollution of drinking water and increasing the risk of certain diseases is an urgent issue for humanity. The aim of the study was to determine the quality of drinking water of decentralized water supply during 2018-2021 in Volochysk MTG, Viitivets OTG and Narkevytsya OTG Khmelnytsky district of Khmelnytsky region and to establish the possible risk of various diseases in a constantly growing anthropogenic load. Field, laboratory-analytical and statistical methods were used. The analysis of the quality of decentralized water supply during 2018-2021 from 297 sampling points located on the territory of Volochysk MTG, Viitivets OTG and Narkevichy OTG of Khmelnytsky district of Khmelnytsky region found that most hydrochemical indicators are acceptable. Exceptions were isolated excesses of nitrites and ammonium ions. In addition, all samples of hardness correspond to solid (35%) and very hard (65%) type of natural water, which exceeds the permissible standards. Deviations from the normative values for nitrate content were recorded in almost 33% of samples. In the villages of Kryvachentsi, Haidayky, Pisarivka of Viitivetska OTG, Ripna, Polyana, Tarnoruda, Kanivka, Lypivka, Honorivka, Velyki Zhrebky of Volochyska MTG, Bubnivka of Naprkevytska OTG, the excess of nitrates was 1.3÷3.2 times. It is not recommended to use water from wells located in educational institutions of Avratyn, Lozova (Volochyska MTG), Pisarivka, Kryvachentsi (Viitivetska OTG), Bubnivka, Dzelentsi (Narkevytska OTG) villages, as the nitrate content is 59 ÷ 184 mg/m³. According to the average value of IBD, the studied samples belong to the 3rd class (IR = 1.2), and according to the average value for the nitrate group – 7.1, which corresponds to the 6th class. In ten villages drinking water by nitrate group belongs to the 7th class. The risk factor for the possible occurrence of certain diseases caused by high nitrate content is 1.1÷4.6, which corresponds to the average level of danger. The risk factor for minors is higher (0.6÷4.6) than for adults (0.03÷3.0). Drinking water high in nitrates is dangerous to use for household purposes, as prolonged consumption can lead to pathological changes in the human body, and in children can cause asymptomatic methemoglobinemia.

Key words: nitrates, decentralized water supply, water quality, disease risk assessment.

Актуальність проблеми: За минуле століття людство подвоїло природну швидкість осідання Нітрогену на землі через виробництва та внесення нітратних добрив, спалювання викопного палива та заміни природної рослинності нітрогенфіксуєчими культурами

(соєю, ріпаком тощо) (Vitousek, Aber & Tilman, 1997). Вагомою загрозою на сьогодні не лише в Україні, а й в усьому світі є нітратне забруднення довкілля, де нітратні добрива є основним антропогенним джерелом нітрогену. Найбільше внесення синтетичних добрив

у сільськогосподарські угіддя відбулося після 1980 року (Howarth, 2008). Неконтрольоване використання добрив і пестицидів сприяє накопиченню надмірної кількості нітрогену, який одночасно є і важливим поживним елементом для всіх живих організмів, і причиною багатьох проблем, що впливають на якість довкілля та здоров'я людини. Нітрати є сильними окиснювачами та типовими ксенобіотиками і, потрапляючи в живі організми, вступають в метаболічні процеси, спричинюючи тканинну гіпоксію та окисний стрес (Кабакова, Шульгай & Шульгай, 2017; Brender, Weyer & Canfield, 2013; Ward, Jones & van Breda, 2018).

Майже половина всього внесеного Нітрогену стікає з сільськогосподарських полів і забруднює поверхневі та підземні води, і як наслідок, концентрація нітратів у водних ресурсах зростає (ЕЕА, 2018; Yu, Wang, & Wang, 2020). Рекомендований ВООЗ, США та країнами Євросоюзу максимальний рівень для нітратів у комунальних (централізованих) системах постачання питної води становить 45-50 мг/дм³ (Sutton, Howard & Erismanetal, 2011; ЕЕА, 2018). Для зменшення або запобігання забрудненню нітратами від сільського господарства у Європі була створена Директива про нітрати (CD 91/676/ЕЕС, 1991). Території, які найбільше постраждали від забруднення нітратами, позначаються як «зони, уразливі до нітратів» і підпадають під дію обов'язкових Кодексів належної сільськогосподарської практики. Кожні чотири роки держави Європейського Союзу звітують про результати впровадження Директиви (CD 91/676/ЕЕС, 1991). Впродовж 1992-2012 рр. спостерігається стабільний середній рівень вмісту нітратів у підземних водах багатьох європейських країн (~17,5 мг/дм³): найнижчі середні концентрації характерні для Фінляндії (~1 мг/дм³) і найвищі на Мальті (~58,1 мг/дм³). Моніторинг річок Європи показує постійне зниження середньорічних концентрацій нітратів з 11,96 мг/дм³ у 1992 році до 9,3 мг/дм³ у 2012 році: найнижчі значення в Норвегії (0,88 мг/дм³) і найвищі у Греції (29,2 мг/дм³) (ЕЕА, 2018).

Доведено, що вживання питної води з високим рівнем нітратів впродовж першого триместру вагітності корелюється із вродженими вадами у новонароджених (Brender, Weyer & Canfield, 2013) та безпосередньо пов'язана

з метгемоглобінемією (Кабакова, Шульгай & Шульгай, 2017; Knobeloch, Salna & Anderson, 2000). Очевидно, що визначення якості води, зокрема підземної як основного джерела децентралізованого водопостачання, в умовах постійного зростання антропогенного навантаження та оцінка можливого ризику виникнення різних захворювань є доволі актуальною.

Аналіз останніх досліджень і публікацій:

Питання якості децентралізованих джерел питної води малих міст, селищ та сіл активно досліджуються як вітчизняними (Гловин, Павлів, 2018; Коткова, Федючка & Карась, 2018; Stadnichuk, Kropyvnytska & Kucher, 2019) так і зарубіжними науковцями (Howarth, 2008; Brender, Weyer & Canfield, 2013; Yu, Wang, & Wang, 2020). Окрім того, постійно вивчаються шляхи надходження окремих забруднювачів, зокрема нітратів, вплив на здоров'я людини та ризик виникнення певних захворювань (Vitousek, Aber & Tilman, 1997; Knobeloch, Salna & Anderson, 2000; Лотоцька, Кондратюк & Кучер, 2019; Ward, Jones & van Breda, 2018).

Загалом, децентралізоване водопостачання є основним джерелом питної води, що наповнюються підземними водами, для сільської місцевості багатьох країн. Зазвичай, ці джерела додатково не очищуються і можуть слугувати основою накопичення нітратів. Забруднення може бути точковим (промислове забруднення чи інтенсивне тваринництво) або множинним (використання добрив, фунгіцидів, опади тощо) (Валерко, Герасимчук, 2020; Sutton, Howard & Erismanetal, 2011). Кількість внесених добрив позитивно корелює з концентрацією нітратів у підземних водах (Валерко, Герасимчук, 2020; Sutton, Howard & Erismanetal, 2011; ЕЕА, 2021), а надмірне використання підвищує ризик забруднення питної води, що негативно впливає на здоров'я людей та довкілля (Brender, Weyer & Canfield, 2013; Ward, Jones & van Breda, 2018).

У Хмельницькій області основним забруднювачем довкілля є добре розвинений агропромисловий комплекс і лише третина населення області користується водою з централізованих водогонів, що на 100% забезпечується за рахунок експлуатації підземних джерел. Решта населення в зоні ризику, оскільки майже половина з обстежених джерел децентралізованого водопостачання є забрудненими (ХОЛЦ МОЗ

України). На території колишнього Волочиського району розмістились три об'єднані територіальні громади: Волочиська міська територіальна громада (Волочиська МТГ), Війтівецька об'єднана територіальна громада (Війтівецька ОТГ) та Наркевицька селищна об'єднана територіальна громада (Наркевицька СОТГ) Хмельницького району. Децентралізоване водопостачання є основним джерелом питної води на досліджуваних територіях (≈85%) (централізоване водогін та водовідведення є лише у м. Волочиськ) (Волочиське КП ВКГ «Джерело»), сільськогосподарські угіддя займають до 75,9% території.

Щорічні дослідження проб води з громадських криниць вказують на підвищений рівень бактеріального забруднення (до 39%), невідповідність води за фізико-хімічними показниками (до 30%) та стабільно високий відсоток вміст нітратів (майже 39,1%) (ХОЛЦ МОЗ України). Тривожним є і те, що в окремих районах зафіксоване перевищення за нітратами до 6 разів у садибах, де мешкають діти до трьох років (до 58%) (Волочиське КП ВКГ «Джерело»).

Мета дослідження: визначення забруднення питної води децентралізованого водопостачання впродовж 2018-2021 років на території Волочиської МТГ, Війтівецької ОТГ та Наркевицької ОТГ Хмельницького району Хмельницької області та встановлення можливого ризику виникнення різних захворювань в умовах постійного зростання антропогенного навантаження.

Виклад основного матеріалу: Для дослідження використовували зразки децентралізованих джерел водопостачання, а саме води відібрані з криниць на глибині 10-60 м впродовж 2018-2021 років на територіях, що піддаються антропогенному впливу, головно агробізнесу. Усі об'єкти дослідження за місцем відбору проб розділили на три групи: перша група – м. Волочиськ у якому 25% населення використовує воду із приватних криниць (91 точка відбору проб), друга група – 35 населених пункти району (161 точка відбору проб), третя група – освітні заклади району (школи, дитячі садочки), які знаходяться у 19 селах (45 точок відбору проб) (школи м. Волочиськ підключені до центрального водогону).

Для визначення вмісту гідрохімічних компонентів у зразках використовували польовий

(відбір проб, транспортування) та лабораторний методи. Зберігання та аналітичні дослідження відібраних зразків здійснювали в лабораторії Дрогобицького державного педагогічного університету імені Івана Франка за загальноприйнятими методиками, що відповідають державним стандартам України.

Клас якості води, стану водного середовища і рівня антропогенного навантаження визначали за індексом забрудненості води (ІЗВ) (Коткова Федючка & Карась, 2018; Stadnichuk Kropyvnytska & Kucher, 2019), а кількісну оцінку потенційного ризику за результатом постійного споживання води без очищення від нітратів – за середньодобовою дозою перорального споживання (CDI), добовою дозою, поглиненою шкірою (DAD) та коефіцієнтом небезпеки (HQ) (Yu, et al., 2020):

$$CDI = (CW \times IR) / BW, \quad (1)$$

$$DAD = (CW \times K_1 \times SA \times EV \times CF) / BW, \quad (2)$$

$$HQ = HQ_{oral} + HQ_{derm} = CDI / RfD_{oral} + DAD / RfD_{derm}, \quad (3)$$

де: CW – середня концентрація нітратів у воді, мг/дм³; IR – добове споживання води (2 л/добу для дорослих і 1,4 л/добу для дітей), BW – середня маса тіла (70 кг для дорослих і 35 кг для дітей); K_1 – коефіцієнт проникності шкіри у воді (0,001 см/год); SA – площа поверхні контактної шкіри (1600 см² для дорослих і 3416 см² для дітей); EV – частота купання (1 раз/день); CF – коефіцієнт перерахунку (0,002 л/см³); HQ_{oral} – пероральний коефіцієнт небезпеки; RfD_{oral} – пероральна референтна доза (1,6 мг/кг/день); HQ_{derm} – нашкірний коефіцієнт небезпеки; RfD_{derm} – нашкірна референтна доза 0,8 мг/кг на добу.

Коефіцієнт небезпеки є найпоширенішим методом розрахунку кількісного ризику (Лотоцька, Прокопов, 2018; Yu, Wang, & Wang, 2020). Граничне значення потенційного ризику – 1. Чим вищий коефіцієнт небезпеки, тим вищі ризики для здоров'я. Якщо $HQ < 1$, то ризик, викликаний забруднювачем, для здоров'я людини є низьким та знаходиться у межах допустимого діапазону.

Аналіз органолептичних показників показав, що якість відібраних зразків води відповідає встановленим нормам і має достатньо високу якість (табл. 1).

Вміст загального заліза, хлоридів та рН відповідає нормам. У жодному із досліджуваних зразків перевищень не було, однак зауважено,

**Усереднені результати деяких гідрохімічних показників
досліджуваних зразків води за 2018-2021 роки**

| Показники | Нормативні значення | Досліджувані об'єкти | | |
|---|---------------------|----------------------|-------------|-------------|
| | | Перша група | Друга група | Третя група |
| Запах, бали | ≤ 3 | 0 | 0 | 0 |
| Забарвленість, бали | ≤ 35 | 13,1 | 7,6 | 7,3 |
| Смак, бали | ≤ 3 | 2,09 | 1,37 | 0,41 |
| pH | 6,5 ÷ 8,5 | 7,1 | 7,4 | 7,2 |
| Загальна твердість, ммоль/дм ³ | $\leq 10,0$ | 12,05 | 11,3 | 11,02 |
| Окиснюваність, мг/дм ³ | ≤ 5 | 1,15 | 1,28 | 1,32 |
| Залізо загальне, мг/дм ³ | $\leq 1,0$ | 0,2 | 0,22 | 0,41 |
| CL ⁻ , мг/дм ³ | ≤ 350 | 180,2 | 282,2 | 164,0 |
| NH ₄ ⁺ , мг/дм ³ | $\leq 2,6$ | 1,23 | 0,39 | 0,47 |
| NO ₂ ⁻ , мг/дм ³ | $\leq 0,5$ | 0,03 | 0,07 | 0,04 |
| NO ₃ ⁻ , мг/дм ³ | $\leq 50,0$ | 39,7 | 45,5 | 37,8 |

що вміст хлоридів у колодязній воді був вищим ніж у воді з водогонів, проведених у деяких селах. Важливим є не лише вміст хлоридів, який при перевищенні нормативних значень може збільшувати ризик виникнення певних захворювань, але й їхнє походження (Лотоцька, Кондратюк & Кучер., 2019; Ward Jones & van Breda, 2018). Ймовірно, присутність хлоридів у досліджуваних зразків пов'язана із попаданням відходів органічного походження до водоносних пластів.

За твердістю досліджувані зразки відповідають твердому (35%), та дуже твердому (65%) типу і перевищує допустимі встановлені норми. Значення твердості води коливаються в межах від 7,1 до 19,1 ммоль/дм³. За якісним складом досліджувані води характеризуються карбонатно-хлоридно-кальцієво-натрієвим складом.

Серед санітарно-токсикологічних показників неорганічних компонентів важливим є вміст групи нітрогену (амоніак, нітрити, нітрати). Наявні у воді сполуки групи нітрогену можуть вказувати на давнє і постійне забруднення протягом тривалого часу: наявність амоніаку може вказувати на свіже органічне забруднення, нітритів – на недавнє забруднення, а нітратів – про давні забруднення води органічними речовинами. Якщо у пробах води виявляють йони амонію та нітрити, то можемо говорити про систематичне забруднення органічними речовинами впродовж короткого проміжку часу. Загалом, перевищень за вмістом амонію та нітритами впродовж досліджуваного терміну виявлено не було, окрім поодиноких

випадків, переважно у першій групі. Ймовірно це пов'язано із несвоєчасним викачуванням вигрібних ям на території господарств. Спостерігалось незначне зростання нітритів навесні (0,4 ÷ 0,8 мг/дм³) та восени (0,1 ÷ 0,2 мг/дм³) у селах Авратин, Щаснівка, Великі Жеребки, Попівці (Волочиська МТГ) та с. Писарівка (Війтівецька ОТГ). Частково це може бути пов'язано із збільшенням атмосферних опадів, що зумовлює зростання поверхневого стоку з полів.

Проте найбільш забрудненою вода з колодязів та свердловин була нітратами (рис. 1). Майже третя частина проб має перевищення за вмістом нітратів у 1,5 ÷ 3,8 рази (рис. 2): с. Криваченці – 130 мг/дм³, с. Бубнівка – 162 мг/дм³, с. Липівка – 165 мг/дм³, м. Волочиськ (одне подвір'я) – 191,2 мг/дм³.

Серед досліджуваних груп розподіл за вмістом нітратів є нерівномірним: для першої групи частка проб води із вмістом нітратів до 10 мг/дм³ складає лише 7%, для другої – 11%, а для третьої – 31%. Частка проб з відхиленням від норми (в межах від 45 до 90 мг/дм³) для третьої групи є найменшою – 20%, але кількість проб, що мають вміст нітратів більше 90 мг/дм³ складає майже 9%, що є найвищою серед досліджуваних груп. Це має непокоїти громаду, адже діти, перебуваючи у школі чи дитячому садку сіл Дзеленці, Бубнівка (Наркевицька ОТГ), Писарівка (Війтівецьке ОТГ), Лозова, Авратин (Волочиська МТГ) споживають цю воду. Натомість у самих населених пунктах Авратин, Лозова та Дзеленці вміст нітратів не перевищує 40 мг/дм³.

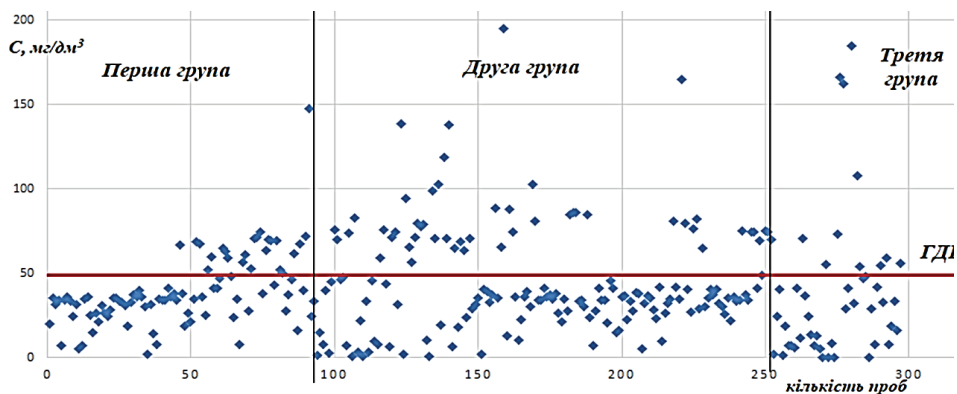


Рис. 1. Вміст нітратів у досліджуваних зразках води

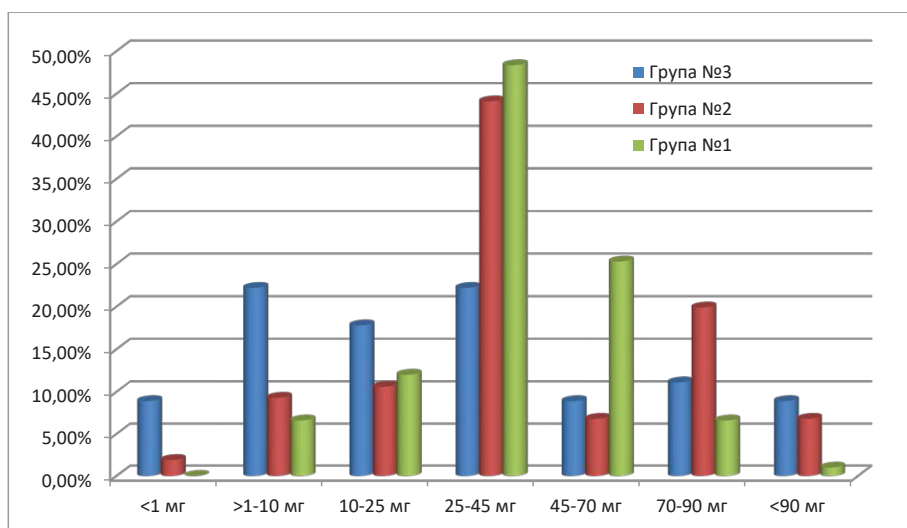


Рис. 2. Усереднений розподіл вмісту нітратів у досліджуваних зразках води

Підвищення концентрації нітратів корелювалось із сезонними змінами: вище навесні та восени, нижче взимку. Динаміка зміни вмісту групи нітрогену значною мірою залежала від кількості опадів: ряд водних об'єктів (річок, ставків, криниць, свердловин) в період з 2016 по 2018 роки обмілили, а деякі і взагалі висохли, тоді як у 2019-2021 роках кількість опадів збільшилась. Під час опадів у підземні води потрапляють небезпечні речовини з полів, оброблених пестицидами та нітратними добривами. Можливо, збільшення концентрації сполук нітрогену та твердості пов'язане із зменшенням кількості природних вод загалом. Оскільки у досліджуваному районі багато тваринницьких комплексів (свиноферми, птахофабрики), агрохолдингів та фермерських господарств, то ймовірність забруднення сполуками нітрогену від неконтрольованого поводження з мінеральними добривами є досить великою.

Досить забрудненими нітратами води були з криниць з невеликою глибиною залягання (до 6 м), оскільки водозабір здійснюється з поверхневих водоносних горизонтів. Для них характерний змінний водний режим та постійний фізико-хімічний склад. Частина свердловин та колодязів глибиною 20-30 м використовує ґрунтові води, які забруднені залишками добрив, пестицидів чи солями важких металів. Найменш забрудненими виявились свердловини, глибиною 50÷60 м.

Відповідно до розрахованих значень ІЗВ досліджувані проби належать до 3 класу (ІЗВ=1,2, помірно забруднені). За усередненими значеннями по нітратній групі ІЗВ = 7,1, що відповідає 6 класу (дуже брудні): ІЗВ першої групи – 5,7; другої групи – 8,6; третьої групи – 7,0. Цілком логічно, що проби першої групи зазнають меншого нітратного навантаження, тоді як другої – найбільшого. У десяти

селах питна вода за нітратною групою відноситься до 7 класу – надзвичайно забруднені (ІЗВ в межах 14,1÷19,5).

Аналіз середньорічної захворюваності дітей віком до 14 років показав, що рівень захворювань за основними групами хвороб у 1,7-2,3 рази більший в сільській місцевості по відношенню до дітей, що проживають у місті Волочиськ (ХОЛЩ МОЗ України). Зі скарг дітей, що споживають забруднену нітратами воду, на погане самопочуття, було виокремлено основні ознаки, притаманні нітратному отруєнню: бліді шкіра та слизові оболонки, сірий наліт на язичку, тіні під очима, тахікардія, запаморочення, підвищена втомленість, сонливість, ацетоновий запах з рота, біль у животі без чіткої локалізації (максимально больовий синдром проявлявся з правої сторони), алергічний висип.

Розрахований за формулами 1-3 коефіцієнт безпеки за нітратами корелюється із підвищеним вмістом нітратів і був у межах 1,1÷4,6 (табл. 2), що відповідає середньому рівню безпеки ($HQ > 1 \div 5$) і може призвести до розвитку певних захворювань (Лотоцька, Прокопов, 2018; Yu, Wang, & Wang, 2020). Домінантним був HQ_{oral} (0,1÷4,1), тоді як значення HQ_{derm} були незначними ($1 \times 10^{-4} \div 2 \times 10^{-2}$). Коефіцієнт ризику для неповнолітніх виявився прогнозовано більшим, ніж для дорослого населення. Найбільшим він був у тих населених пунктах, де проби відбирались із освітніх закладів (третя група спостережень) та спостерігалось перевищення нітратів. Частково це пов'язано з тим, що п'ять днів на тиждень діти перебувають у освітніх закладах (рис. 3).

Висновки і перспективи подальших досліджень: Проведений аналіз якості децентралізованого водопостачання води впродовж 2018-2021 років з 297 точок відбору, що знаходяться на території Волочиської МТГ, Війт-

вецької ОТГ та Наркевицької ОТГ Хмельницького району Хмельницької області встановив, що більшість гідрохімічних показників мають допустимі значення. Усі зразки за твердістю відповідають твердому (35%), та дуже твердому (65%) типу природної води і перевищує допустимі встановлені норми. Спостерігались поодинокі перевищення нітритів та йонів амонію. Найгіршою є ситуація із забрудненням нітратів. Майже у 33% проб зафіксовано відхилення від нормативних значень за вмістом нітратів. У селах Криваченці, Гайдайки, Писарівка Війтівецької ОТГ, Ріпна, Поляни, Тарноруда, Канівка, Липівка, Гонорівка, Великі Жеребки Волочиської МТГ, Бубнівка Наркевицької ОТГ перевищення нітратів було у 1,3÷3,2 рази.

Не рекомендується вживати воду з криниць, розташованих в освітніх закладах сіл Авратин, Лозова (Волочиська МТГ), Писарівка, Криваченці (Війтівецька ОТГ), Бубнівка, Дзеленці (Наркевицька ОТГ), оскільки вміст нітратів становить 59÷184 мг/м³. За усередненим значенням ІЗВ досліджувані проби належать до 3 класу (ІЗВ=1,2, помірно забруднені), а за усередненим значенням по нітратній групі – 7,1, що відповідає 6 класу (дуже брудні). У десяти селах питна вода за нітратною групою відноситься до 7 класу – надзвичайно забруднені (14,1÷19,5).

Коефіцієнт безпеки можливого виникнення певних захворювань спричинених підвищеним вмістом нітратів становить 1,1÷4,6, що відповідає середньому рівню безпеки. Коефіцієнт ризику для неповнолітніх є більший (0,6÷4,6), ніж для дорослого населення (0,03÷3,0). Найбільшим він був у тих населених пунктах, де проби також відбирались в освітніх закладів (третя група спостережень) та спостерігалось перевищення нітратів (0,1÷4,1).

Таблиця 2

Максимальне та мінімальне значення коефіцієнту ризику від споживання забрудненої нітратами води на досліджуваних територіях

| Населені пункти | Категорії населення | Район досліджуваних територій | | |
|-------------------------------|---------------------|-------------------------------|-----------------|-----------------|
| | | Волочиська МТГ | Війтівецька ОТГ | Наркевицька ОТГ |
| Усі населені пункти | дорослі | 0,03÷3,0 | 0,1÷2,9 | 0,6÷1,4 |
| | діти | 0,9÷1,5 | 0,9÷4,1 | 1,2÷4,6 |
| Населені пункти третьої групи | дорослі | 0,6÷1,3 | 0,1÷2,5 | 0,2÷1,4 |
| | діти | 0,9÷1,4 | 0,7÷2,9 | 1,8÷4,1 |

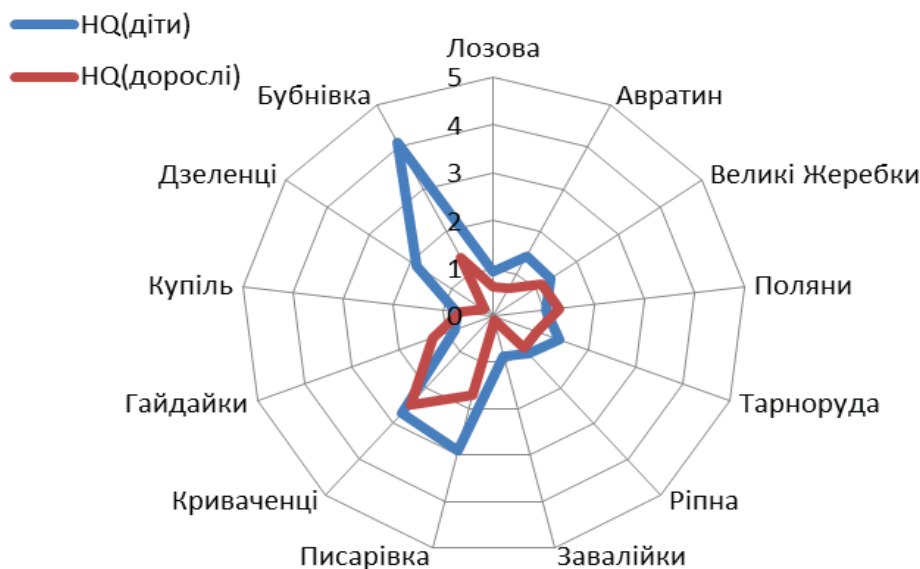


Рис. 3. Коефіцієнт ризику від споживання питної води, забрудненої нітратами дорослого та неповнолітнього населення на досліджуваній території

Воду з підвищеним вмістом сполук Нітрогену небезпечно використовувати для господарських потреб, оскільки тривале споживання такої води може привести до патологічних змін в організмі людини, а у дітей може викликати безсимптомну метгемоглобінемію. Працівникам Волочиського міжрайонного лабораторного відділення Державної установи «Хмельницький обласний лабораторний центр» МОЗ України

потрібно постійну проводити роботу із населенням щодо правильного споживання води, особливо з власниками криниць та свердловин, де виявили перевищення норми; рекомендувати постійно контролювати вміст нітратів, а забруднену воду використовувати лише для технічних потреб, зокрема, якщо на господарстві є малі діти; проводити своєчасну очистку від намулу та дезінфікувати криниці.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Валерко Р.А., Герасимчук Л.О. Органічне сільське господарство як фактор впливу на вміст нітратів у питній воді джерел нецентралізованого водопостачання сільських населених пунктів. *Екологічні науки*. 2020. № 3 (30). 2020. С. 124-128. DOI:10.32846/2306-9716/2020.eco.3-30.21
2. Гловин, Н.М.; Павлів, О.В. Дослідження якості водних ресурсів децентралізованого водопостачання сільських місцевостей у межах Бережанського району. *Науковий вісник ЛНУВМБ*, 2018, т. 20, № 84. С. 109–114. doi: 10.15421/nvlvet8420
3. Державні санітарні норми та правила «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною». Наказ Міністерства охорони здоров'я України від 12.05.2010 року № 400
4. Хмельницький обласний лабораторний центр МОЗ України. URL: <https://духолцмоз.укр>
5. Інформація про якість питної води. Волочиське КП ВКГ «Джерело» (djerelovol.info). URL: <https://www.djerelovol.info/informatsiia-pro-iakist-pytnoi-vody>
6. Кабакова, А.Б.; Шульгай, О.М.; Шульгай, А.-М.А. Аліментарна водно-нітратна метгемоглобінемія в дітей Тернопільської області. *Здоров'я дитини*. Т. 12, № 2.1, 2017. doi: 10.22141/2224-0551.12.2.1.2017.100989.
7. Коткова, Т.М., Федючка М.І., Карась І.Ф. Екологічна оцінка питної води Лугинського району Житомирської області на вміст хлоридів, сульфатів та нітратів. *Науковий вісник НЛТУ України*, 2018, т. 28, № 7, С. 83–87; doi: 10.15421/40280718
8. Лотоцька, О.В.; Кондратюк, В.А.; Кучер С.В. Якість питної води як одна з детермінант громадського здоров'я в західному регіоні України. *Вісник соціальної гігієни та організації охорони здоров'я України*. 2019. № 1 (79). С. 12–18; doi: 10.11603/1681-2786.2019.1.10278.
9. Лотоцька, О.В.; Прокопов В.О. Оцінка ризику споживання питної води з підвищеним вмістом нітратів на здоров'я населення Тернопільської області. *Довкілля та здоров'я*. 2018. № 4. С. 20–24. doi:10.32402/dovkil2018.04.020

10. Brender, JD; Weyer, PJ; Romitti, PA; Mohanty, BP; Shinde, MU; Vuong, AM; Sharkey, JR; Dwivedi, D; Horel, SA; Kantamneni, J; Huber, JC Jr; Zheng, Q; Werler, MM; Kelley, KE; Griesenbeck, JS; Zhan, FB; Langlois, PH; Suarez, L; Canfield, MA. Prenatal nitrate intake from drinking water and selected birth defects in offspring of participants in the national birth defects prevention study. *Environ Health Perspect.* 2013 Sep;121(9):1083-9. doi: 10.1289/ehp.1206249.
11. Council Directive 91/676/EEC of 12 December 1991 Concerning the Protection of Waters against Pollution Caused by Nitrates from Agricultural Sources. European Commission, 1991. 8 p.
12. European Environment Agency (EEA). Groundwater Nitrate. URL: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/daviz/groundwater-nitrate>
13. Howarth, R.W. Coastal nitrogen pollution: A review of sources and trends globally and regionally. *Harmful Algae.* 2008, 8, pp. 14–20.
14. Knobeloch, L; Salna, B; Hogan, A; Postle, J; Anderson, H. Blue babies and nitrate-contaminated well water. *Environ Health Perspect.* 2000; 108(7):675–8.
15. Stadnichuk, O.; Kropyvnytska, L.; Martyniuk, I.; Platonov, M.; Kucher, M.; Nitrate content of drinking water and their effects on population health. *Periodyk naukowy Akademii Polonijnej*, 2019. 6 (37). pp. 148–156. doi: 10/23856/3715.
16. Sutton M.A., Howard C.M., Erismanetal J.W. (Eds.) The European Nitrogen Assessment: Sources. Effects and Policy Perspectives. Cambridge: Cambridge University Press, 2011. 664 p.
17. Vitousek, P.M.; Aber, J.D.; Howarth, R.W.; Likens, G.E.; Matson, P.A.; Schindler, D.W.; Schlesinger, W.H.; Tilman, D. Human alteration of the global nitrogen cycle: Sources and consequences. *Ecol. Appl.* 1997, 7, pp. 737–750.
18. Ward MH, Jones RR, Brender JD, de Kok TM, Weyer PJ, Nolan BT, Villanueva CM, van Breda SG. Drinking Water Nitrate and Human Health: An Updated Review. *Int J Environ Res Public Health.* 2018; 15 (7):1557. doi: 10.3390/ijerph15071557.
19. Yu, G.; Wang, J.; Liu, L.; Li, Y.; Zhang, Y.; Wang S. The analysis of groundwater nitrate pollution and health risk assessment in rural areas of Yantai, China. *BMC Public Health.* 2020. 20, 437. doi:10.1186/s12889-020-08583-y

REFERENCES:

1. Valerko, R.A, Gerasimchuk, L.O. (2020). Orhanichne silske gospodarstvo yak faktor vplyvu na vmist nitrativ u pytnii vodi dzherel netsentralizovanoho vodopostachannia silskykh naselenykh punktiv [Organic agriculture as a factor influencing the content of nitrates in drinking water sources of decentralized water supply in rural areas]. *Ekolohichni nauky – Environmental sciences*, 3 (30), 124–128. doi: 10.32846/2306-9716/2020.eco.3-30.21 [in Ukrainian].
2. Glovin, N.M, Pavlov, O.V. (2018). Doslidzhennia yakosti vodnykh resursiv detsentralizovanoho vodopostachannia silskykh mistsevostei u mezhakh Berezhanskoho raionu [Research of quality of water resources of decentralized water supply of rural areas in Brzezany district]. *Naukovyi visnyk LNUVMB – Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies*, Vols. 20, 84, 109–114. doi: 10.15421/nvlvet8420. [in Ukrainian].
3. Derzhavni sanitarni normy ta pravyla «Hihiienichni vymohy do vody pytnoi, pryznachenoj dlia spozhyvannia liudynoiu». Nakaz Ministerstva okhorony zdorov'ia Ukrainy vid 12.05.2010 roku № 400 [State sanitary norms and rules of the «Hygienical requirements to the water drinkable, intended for a consumption a man». Order of the Ministry of Health of Ukraine]. (May, 12, 2010. № 400). [in Ukrainian]
4. Khmelnytskyi oblasnyi laboratornyi tsentr MOZ Ukrainy [Khmelnitsky Regional Laboratory Center of the Ministry of Health of Ukraine]. Retrieved from: <https://духолцмоз.укр>. [in Ukrainian].
5. Informatsiia pro yakist pytnoi vody. Volochyske KP VKH «Dzherelo» [Information on drinking water quality. Volochysk CP VKG «Source»]. Retrieved from <https://www.djerevolov.info/informatsiia-pro-iyakist-pytnoi-vody> [In Ukrainian].
6. Kabakova, A.B., Shulgay, O.M., Shulgay, A.-M.A. (2017). Alimentarna vodno-nitratna methemoglobinemiia v ditei Ternopilskoi oblasti [Alimentary water-nitrate methemoglobinemia in children of Ternopil region]. *Zdorov'ia dityny – Child health*, Vols. 12, 2.1, doi: 10.22141/2224-0551.12.2.1.2017.100989. [In Ukrainian].
7. Kotkova, T.M.; Fedyuchka, M.I.; Karas, I.F. (2018). Ekolohichna otsinka pytnoi vody Luhynskoho raionu Zhytomyrskoi oblasti na vmist khlorydiv, sulfativ ta nitrativ [Environmental assessment of drinking water of Luhyn district of Zhytomyr region on the content of chlorides, sulfates and nitrates]. *Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy – Scientific Bulletin of NLTU of Ukraine*, Vols. 28, 7, 83–87; doi: 10.15421/40280718. [In Ukrainian].
8. Lototska, O.V., Kondratyuk, V.A., Kucher S.V. (2019). Yakist pytnoi vody yak odna z determinant hromadskoho zdorov'ia v zakhidnomu rehioni Ukrainy [Drinking water quality as one of the determinants of public health in the western region of Ukraine]. *Visnyk sotsialnoi hihiieny ta orhanizatsii okhorony zdorov'ia Ukrainy – Bulletin of social hygiene and health care organization of Ukraine*, 1 (79), 12–18; doi: 10.11603/1681-2786.2019.1.10278. [In Ukrainian].
9. Lototska, O.V., Prokopov, V.O. (2018). Otsinka ryzyku spozhyvannia pytnoi vody z pidvyschenym vmistom nitrativ na zdorov'ia naselennia Ternopilskoi oblasti [Assessment of the risk of drinking water consumption with the

increased content of nitrates for the health of the people of the Ternopil Region]. *Dovkillia ta zdorov'ia – Environment & Health*, 4, 20–24. doi: 10.32402/dovkil2018.04.020. [in Ukrainian].

10. Brender, J.D.; Weyer, P.J.; Romitti, P.A.; Mohanty, B.P.; Shinde, M.U. et al. Prenatal nitrate intake from drinking water and selected birth defects in offspring of participants in the national birth defects prevention study. *Environ Health Perspect.* 2013 Sep;121(9):1083-9. doi: 10.1289/ehp.1206249. [in English]

11. Council Directive of 12 December 1991 Concerning the Protection of Waters against Pollution Caused by Nitrates from Agricultural Sources (91/676/EEC); European Union. 1991. 8 p. [in English]

12. European Environment Agency (EEA). Groundwater Nitrate. Available online: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/daviz/groundwater-nitrate>. [in English]

13. Howarth, R.W. Coastal nitrogen pollution: A review of sources and trends globally and regionally. *Harmful Algae*. 2008, 8, 14–20. [in English]

14. Knobeloch, L.; Salna, B.; Hogan, A. et al. Blue babies and nitrate-contaminated well water. *Environ Health Perspect.* 2000; 108(7):675–8. [in English]

15. Stadnichuk, O.; Kropyvnytska, L.; Martyniuk, I.; Platonov, M.; Kucher, M.; Nitrate content of drinking water and their effects on population health. *Periodyk naukowy Akademii Polonijnej*, 2019. 6 (37). 148-156. doi:10/23856/3715 [in English]

16. Sutton M.A., Howard C.M., Erismanetal J.W. (Eds.) *The European Nitrogen Assessment: Sources. Effects and Policy Perspectives*. Cambridge: Cambridge University Press, 2011. 664 p. [in English]

17. Vitousek, P.M.; Aber, J.D.; Howarth, R.W.; Likens, G.E.; Matson, P.A. et al. Human alteration of the global nitrogen cycle: Sources and consequences. *Ecol. Appl.* 1997, 7, 737–750. [in English]

18. Ward, M.H.; Jones R.R., Brender J.D., de Kok T.M., Weyer P.J. et al. Drinking Water Nitrate and Human Health: An Updated Review. *Int J Environ Res Public Health*. 2018; 15 (7):1557. doi: 10.3390/ijerph15071557. [in English]

19. Yu, G.; Wang, J.; Liu, L.; Li, Y.; Zhang, Y.; Wang S. The analysis of ground-water nitrate pollution and health risk assessment in rural areas of Yantai, China. *BMC Public Health*. 2020. 20, 437. doi:10.1186/s12889-020-08583-y [in English]