

У. В. Хром'як, М. А. Воробець
 Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, м. Львів, Україна
 ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4802-7555> – У. В. Хром'як
 ulanajukovska@gmail.com

ВПЛИВ ФІЗИЧНИХ ПРОЦЕСІВ НА ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ ВОДИ З ПРИРОДНИХ ДЖЕРЕЛ М. ВИННИКИ ЛЬВІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Вступ. Якість питної води є ключовим фактором, що впливає на стан здоров'я населення та безпеку довкілля. Особливої уваги потребують природні джерела, воду з яких без попередньої обробки використовує місцеве населення.

Мета. Дослідити воду з різних природних джерел м. Винники Львівської області та проаналізувати, чи впливає кип'ятіння та заморожування води на її якість.

Методи. Зразки води відбиралися з двох природних джерел м. Винники (вул. Б. Хмельницького та вул. М. Кипріяна). Дослідження проводили з використанням зразків води звичайної та води після заморожування і кип'ятіння. На місці відбору проб ми проводили аналіз органолептичних показників, а також визначали такі параметри: рН середовища, вміст нітратів, нітритів, сульфатів і хлоридів.

Результати. Значення водневого показника (рН) зразків води змінювалося залежно від методу обробки. У воді після кип'ятіння спостерігалось підвищення рН, що пояснюється випаровуванням води і зростанням концентрації лужних солей. У зразках з джерела по вул. Кипріяна після заморожування також фіксувалося незначне підвищення рН, що свідчить про високу концентрацію лужних компонентів.

Найбільш вагомими змінами були зафіксовані щодо концентрації нітратів. У зразках води з джерела по вул. М. Кипріяна було виявлено найвищий рівень нітратів – 393 мг/л у замороженій воді та 307 мг/л після кип'ятіння, що значно перевищує норму 50 мг/л, згідно з вимогами до питної води ДСанПіН 2.2.4-171-10. Це може вказувати на наявність агрохімічного чи побутового забруднення ґрунтових вод у цій місцевості. У воді з джерела по вул. Б. Хмельницького рівень нітратів був нижчим, але також зростав після термічної обробки. Нітритів, хлоридів та сульфатів у досліджених зразках не виявлено.

Висновки. Проаналізовано стан природних джерел у місті Винники по вул. Б. Хмельницького і вул. М. Кипріяна. Внаслідок проведених досліджень було встановлено, що вода непридатна до використання для питних потреб. Як показали результати досліджень, у всіх пробах є перевищення різних показників.

Ключові слова: питна вода, природні джерела, місто Винники, кип'ятіння води, заморожування води, якість води.

U. V. Khromiak, M. A. Vorobets
 Lviv State University of Life Safety, Lviv, Ukraine

THE IMPACT OF PHYSICAL PROCESSES ON WATER QUALITY INDICATORS FROM NATURAL SOURCES IN THE CITY OF VYNNYKY, LVIV REGION

Introduction. The quality of drinking water is a critical factor influencing both public health and environmental safety. Special attention should be given to natural water sources that are used by the local population without prior treatment.

Purpose. To study water from various natural sources in Vynnyky, a town in the Lviv Region, and to analyze the effects of boiling and freezing on its quality.

Methods. Water samples were collected from two natural springs in Vynnyky, a town in the Lviv Region, located on B. Khmelnytsky Street and M. Kypriyan Street. The study involved three types of samples: untreated (ordinary) water, water after freezing, and water after boiling. The following parameters were analyzed on-site: pH, nitrate, nitrite, sulfate, and chloride concentrations.

Results. The pH values of the water samples varied depending on the treatment method. An increase in pH was observed in the boiled water, which can be attributed to the evaporation of water and the resulting concentration of alkaline salts. In the samples from the spring on M. Kypriyan Street, a slight increase in pH was also recorded after freezing, indicating a high concentration of alkaline components.

The most significant changes were recorded in nitrate concentrations. In the samples from the spring on M. Kypriyan Street, the highest nitrate levels were detected — 393 mg/L in frozen water and 307 mg/L after boiling, which greatly exceeds the maximum allowable limit of 50 mg/L according to the drinking water standard DSanPiN 2.2.4-171-10. This may indicate contamination of groundwater in the area by agrochemicals or domestic sources. In the water from the spring on B. Khmelnytsky Street, nitrate levels were lower but also increased after thermal treatment. Nitrites, chlorides, and sulfates were not detected in any of the analyzed samples.

Conclusions. The condition of natural springs located on B. Khmelnytsky Street and M. Kypriyan Street in Vynnyky was analyzed. The conducted research determined that the water is unsuitable for drinking purposes. According to the results, all samples showed exceedances in various parameters.

Key words: drinking water, natural springs, Vynnyky town, water boiling, water freezing, water quality.

Постановка проблеми. Слід відзначити, що значна кількість хвороб людини пов'язана з незадовільною якістю питної води і порушенням санітарно-гігієнічних норм водопостачання. Споживання неякісної питної води (1,5 – 2,0 л на добу) суттєво погіршує здоров'я людини, зумовлюючи виникнення великої кількості різноманітних хвороб людини.

Питна вода та її якість суттєво впливають на велику кількість фізіологічних та біохімічних процесів, що відбуваються в організмі людини, і загалом на стан здоров'я. Віруси і бактерії у воді призводять до спалахів епідемій, інфекційних захворювань, а токсичні речовини – до масових отруєнь [1].

На даний час не існує єдиного показника, який характеризував би весь комплекс властивостей води, оцінка якості води проводиться на основі системи показників. Показники якості води поділяються на фізичні, хімічні, біологічні та бактеріологічні.

Безпечна для споживання питна вода повинна відповідати критеріям якості національних та міжнародних нормативних документів. Питна вода в Україні за бактеріологічними, органолептичними показникам та вмістом хімічних речовин регламентується нормативною базою: Закон України від 10.01.2002 № 2918-III «Про питну воду та питне водопостачання»; ДСТУ 7525:2014. Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості; ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Державні санітарні норми та правила "Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» та інші [2-4].

Отже, якість питної води є вирішальним чинником, що безпосередньо впливає на здоров'я людини та епідеміологічну безпеку населення. Наявність у воді хімічних забруднювачів, патогенних мікроорганізмів і порушення її фізико-біологічних параметрів може стати причиною масових захворювань і отруєнь. Тому забезпечення належного контролю якості води, відповідно до національних та міжнародних стандартів, є ключовим завданням для збереження здоров'я і підвищення якості життя населення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій свідчить про високий рівень зацікавленості науковців проблемою якості питної води з

природних джерел. Зокрема, у праці [5] проведено екологічну оцінку джерельних вод м. Харкова, в результаті якої встановлено, що значна частина зразків води характеризується перевищенням показників жорсткості, що може становити загрозу для здоров'я населення. У дослідженні [6] охарактеризовано сезонну динаміку якості води з п'яти джерел м. Харкова, виявлено підвищену загальну лужність, жорсткість та вміст заліза в окремих пробах. Робота [7] була присвячена джерелам у м. Львові, де результати аналізів показали наявність високих концентрацій сульфатів, нітратів, амонію та свинцю, що свідчить про непридатність цієї води до питного використання. Водночас автор [8] у своєму дослідженні наголошує на глобальному дефіциті прісної води та актуальності розвитку альтернативних джерел. У статті [9] розглянуто метод очищення води шляхом криознесолення. Автори експериментально довели, що кожен цикл заморожування – розморожування води знижує концентрацію основних йонів (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , HCO_3^-) приблизно вдвічі. Метод виявився ефективним у побутових умовах і не потребує складного обладнання чи реагентів. Водночас зазначено, що для глибшого знесолення необхідно проводити декілька циклів. Також, актуально дослідити, як кип'ятіння води впливає на її якість. Авторами [10, 11] встановлено, що під час кип'ятіння, вода випаровується, але розчинені мінерали (солі кальцію, магнію, нітрати) залишаються, тому їх концентрація може зростати. Це може погіршити смак води та збільшити жорсткість.

У роботах підкреслюється необхідність модернізації інфраструктури забору води, впровадження багаторівневих систем очищення та використання інтегральних індексів для комплексної оцінки стану водних ресурсів. Спільною для всіх авторів є проблема зростаючого антропогенного впливу на природні джерела та потреба системного контролю їхнього складу. Проблема якості питної води розглядається як складова частина національної безпеки та охорони здоров'я, та і сучасні наукові публікації демонструють важливість вивчення водних ресурсів.

Мета роботи. Дослідити питну воду з різних природних джерел м. Винники Львівської області та проаналізувати, чи впливає кип'ятіння та заморожування води на її якість.

Методи дослідження. Об'єктом дослідження є вода з природних джерел міста Винники Львівської області. Особливістю обраних джерел для дослідження є їх територіальне розташування у різних районах міста Винники, а також їх значення, як найбільших та найпривабливіших для місцевого населення природних джерел води. Дослідження зразків питної води проводилось на базі навчально-дослідної лабораторії екологічної безпеки Львівського державного університету безпеки життєдіяльності. На місці відбору проб ми провели аналіз органолептичних показників, до яких належить запах, загальний вигляд проби (характерний колір, каламутність, осад). Також визначили такі показники: рН середовища, вміст нітратів, нітритів, сульфатів і хлоридів. Методи за якими ми визначали ці показники, є стандартними та відповідають чинним вимогам аналізу якості води, згідно з національними нормативами. Зокрема, дослідження проведено на основі положень ДСТУ ISO 7887:2003, ДСТУ 4077-2001 та ДСТУ ISO 15923-1:2018 [12–14].

Зразки води відбирали з двох природних джерел м. Винники (вул. Б. Хмельницького та вул. М. Кипріяна). Дослідження проводили з використанням таких зразків води: необробленої (звичайної), води після заморожування до температури -17°C та води після кип'ятіння. Цикл заморожування – розморожування та кип'ятіння води провели один раз і після цього аналізували якість води.

Результати дослідження. Для аналізу якості питної води вибрано м. Винники, де є декілька природних джерел [15, 16]. Винники – місто у складі Львівської міської територіальної громади, Львівського району, Львівської області. Площа міста – $6,67\text{ км}^2$. Населення близько 20 тис. осіб. Місто розташоване на схід від м. Львова (6 км). Винники мають потужні рекреаційні ресурси. Тут є велике Винниківське озеро – водойма із проточною водою. Але слід відзначити, що у 2018 році Винниківське озеро осушили. Після цього на довколишній території почали будувати «Академію футболу» з тренувальною базою для футболістів та відпочинковий комплекс «Emily Resort». Зокрема, дно озера забетонували, а навколо звели низку будівель, де є санаторій, харчоблок та зони відпочинку з басейнами. Осушене озеро, наповнили водою. На території комплексу облаштували лижний спуск, кілька футбольних полів, спортивний комплекс з басейном, готель, ресторани. У м. Винники протікає річка Марунька, ліва притока

Білки (басейн Західного Бугу). Довжина річки Маруньки 14 км, площа басейну 65 км^2 .

Дослідження води із природних джерел м. Винники, проводилось у січні 2024 року. Слід відзначити, що природні джерела м. Винники розташовані по вул. Б. Хмельницького (біля рекреаційного комплексу "Emily Resort") і вул. М. Кипріяна. Відстань між цими джерелами становить 2,8 км.

Під час здійснення відбору проб проводилась оцінка органолептичних властивостей води, зокрема визначались запах, загальний зовнішній вигляд (забарвлення, наявність каламутності, осаду) та рівень прозорості.

При заморожуванні або кип'ятінні води її запах не змінюється. Встановлено, що проба води з джерела по вул. Б. Хмельницького має виразніший запах ніж вода з джерела по вул. М. Кипріяна. Досліджено, що смак і присмак води з природних джерел можна покращити кип'ятінням води, після заморожування води нічого не змінилося. Отже, неприємний смак і присмак дають ті речовини, які випадають в осад при кип'ятінні, тому що в замороженій і звичайній воді ніякого осаду не утворювалося.

Досліджено водневий показник (рН), який є критично важливим параметром, що характеризує кислотно-лужний баланс водного середовища. Значення рН впливає на розчинність мінералів, біологічну активність організмів та корозійну здатність води. На рис. 1. представлено результати аналізу змін рН води трьох типів (звичайної, кип'яченої та замороженої води) з двох джерел: по вул. Б. Хмельницького (I) та по вул. М. Кипріяна (II).

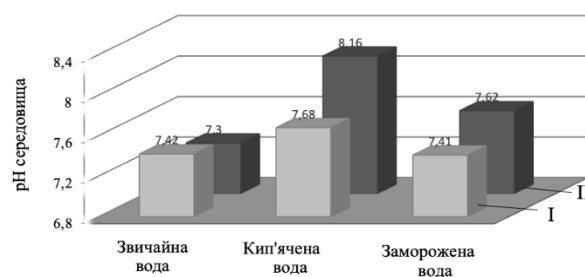


Рисунок 1 – Водневий показник (рН):

I – джерело по вул. Б. Хмельницького; II – джерело по вул. М. Кипріяна

Встановлено, що значення рН підвищується внаслідок кип'ятіння води, оскільки вода частково випаровується, а концентрація солей у воді, які дають лужне середовище, збільшується. У пробі води з джерела I значення рН після заморожування залишалося незмінним, тоді як у воді з джерела II рН збільшилося на 0,32 одиниці.

Це свідчить про вищий вміст лужних солей у воді з джерела II.

Слід відзначити, що надходження стічних вод із сільськогосподарських земель де, використовують мінеральні добрива, може впливати на якість води, тому постає актуальна потреба у дослідженні рівня нітратного забруднення водних джерел [17]. Аналіз вмісту нітратів дозволяє не лише виявити потенційні екологічні та санітарно-епідеміологічні ризики, а й сприяти розробці ефективних заходів контролю за якістю питної води. Вміст нітратів у джерельній воді в м. Винники наведено на рис. 2.

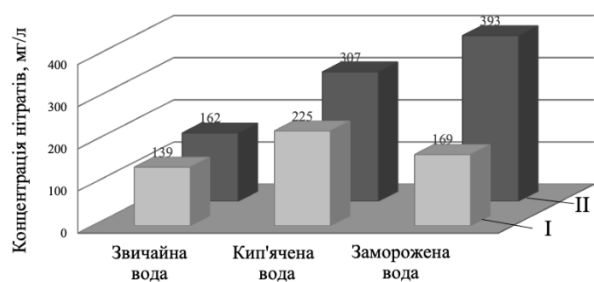


Рисунок 2 – Концентрація нітратів у воді:

I – джерело по вул. Б. Хмельницького; II – джерело по вул. М. Кипріяна

Досліджено, що концентрація нітратів у воді суттєво залежить як від методу обробки (кип'ятіння, заморожування), так і від джерела. Зокрема, у зразках води з джерела по вул. М. Кипріяна (II) зафіксовано значно вищі рівні нітратів порівнянно з джерелом по вул. Б. Хмельницького (I), що може вказувати на забруднення ґрунтових вод агрохімікатами або побутовими стоками. Найвищі показники спостерігаються у замороженій воді з джерела II (393 мг/л), що значно перевищує норму 50 мг/л, згідно з вимогами до питної води ДСанПіН 2.2.4-171-10. Кип'ятіння також призводить до підвищення концентрації нітратів (до 307 мг/л у джерелі II), що можна пояснити зменшенням об'єму рідини через випаровування води і відповідно – зростанням концентрації розчинених речовин. Ці результати вказують на необхідність регулярного моніторингу складу питної води із цих джерел.

Токсичний вплив нітратів полягає в тому, що в органах травлення вони частково видозмінюються до більш токсичних нітритів. З нітратів в організмі утворюються канцерогени – речовини, які провокують рак. При вживанні води з нітратами відбувається нестача кисню для органів дихання, в результаті якої людина починає задихатися. Така вода особливо небезпечна для маленьких і грудних дітей. Нітрати не мають кольору, запаху і смаку, навіть навпаки: чим більше нітратів, тим вода здається “смачнішою” [17].

Проведені дослідження показали, що вміст нітритів у даних зразках не виявлено.

Хлориди та сульфати є важливими неорганічними компонентами природної води, але вміст їх у підвищених концентраціях може негативно впливати на її органолептичні властивості, спричиняти корозію трубопроводів та порушення функцій органів людини. Джерелами цих сполук можуть бути як природні геологічні утворення, так і антропогенні чинники, зокрема побутові та промислові стоки, використання мінеральних добрив. Тому визначення вмісту хлоридів і сульфатів є обов'язковим етапом у комплексному аналізі якості питної води. Слід відзначити, що також проводилися дослідження на вміст цих іонів у воді з природних джерел м. Винники. У всіх досліджуваних зразках води не виявлено підвищеної концентрації хлоридів та сульфатів. Це свідчить про відсутність забруднення води солями хлоридної та сірчаної кислот.

Висновки. Проаналізовано стан природних джерел у місті Винники по вул. Б. Хмельницького і вул. М. Кипріяна. Внаслідок проведених досліджень було встановлено, що вода непридатна до використання для питних потреб. У всіх пробах є перевищення допустимих значень. У воді із джерела по вул. М. Кипріяна концентрація нітратів значно перевищує вимоги до питної води ДСанПіН 2.2.4-171-10. Водневий показник (рН) у всіх зразках залишався у межах допустимих значень – 8,5; однак в окремих пробах фіксувалося його незначне зростання після кип'ятіння та заморожування. Вміст сульфатів, хлоридів та нітритів залишався в межах санітарно-допустимих рівнів.

Список літератури:

1. Климчик О.М. Урбоекологія : навчально-методичний посібник. Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2019. 208 с.
2. Державні санітарні норми та правила «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» від 12.05.2010 № 400. (ДСанПіН 2.2.4-171-10). URL: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10> 5
3. Директива Ради 98/83/ЄС від 3 листопада 1998 року «Про якість води, призначеної для споживання людиною». URL: http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/994_963
4. Водний кодекс України від 6 червня 1995 р. № 213/95-ВР. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/213/95-%D0%B2%D1%80/page>
5. Некос А.Н., Максимова А.М., Шевчик К.В. Екологічна якість природних вод з міських джерел м. Харкова. *Людина і довкілля. Питання неоекології*. 2019. № 31. с. 96-103.
6. Лісняк А.А., Кулик М.І. Оцінка якості питної води з природних джерел у межах міста

Харкова. *Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. Серія «Екологія»*. 2022. випуск 27. 20-31 с.

7. Степова К.В., Мусій К.В., Думас І.З. Оцінка якості води у природних джерелах м. Львова. *Вісник ЛДУБЖД*. № 20. 2019. с. 106-109.

8. Хільчевський В. Глобальні водні ресурси: виклики ххі століття. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка*. Випуск 76/77. 2020. с. 6-16 с.

9. Ляшенко Є.В., Біла Т.А., Охріменко О.В. Процеси очищення води. Кріознесолення. *Таврійський науковий вісник*. 2017. № 97. С. 236–243.

10. Бартківська В.В., Тихенко О.М. Сучасні технології доочищення води в побуті. *VIII Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції «Техногенно-екологічна безпека України: стан та перспективи розвитку»*. 12-20 листопада 2018 р.: тези допов. Ірпінь: Національний університет державної фіскальної служби України, 2018. С. 76.

11. Лісняк А.А., Авраменко Н.Т. Порівняння способів очищення питної води в домашніх умовах. *XVI Всеукраїнських наукових Таліївських читань*. 29-30 жовтня 2020 р.: тези допов. Харків: Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, 2020. С. 74-77.

12. ДСТУ ISO 7887:2003 Якість води. Визначання і досліджування забарвленості (ISO 7887:1994, IDT). Київ, 2003. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=72427

13. ДСТУ 4077-2001 Якість води. Визначення рН (ISO 10523:1994, MOD). Київ, 2001. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=52791

14. ДСТУ ISO 15923-1:2018 Якість води. Визначення окремих параметрів з використанням систем дискретного аналізу. Частина 1. Вміст амонію, нітрату, нітриту, хлориду, ортофосфату, сульфату та силікату з фотометричним детектуванням (ISO 15923-1:2013, IDT). Київ, 2018. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=79777

15. Хром'як У.В., Хром'як В.А. Екологічна якість природних вод з джерел м. Винники Львівської області. “*V міжнародна науково-практична конференція «Екологічна безпека в умовах війни»*», 21 листопада 2024 р.: тези допов. Львів: Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, 2024. С. 99-101.

16. Хром'як У.В., Воробець М.А. Дослідження якості питної води з різних джерел м. Винники Львівської області. *10-й Міжнародний молодіжний конгрес «Сталий розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване*

природокористування» 27-28 березня 2025 р.: тези допов. Львів: Національний університет «Львівська політехніка», 2025. С. 81.

17. Бардов В.Г., Омельчук С.Т., Мережкіна Н. В. та ін. Гігієна та екологія : підручник / за заг. ред. В. Г. Бардова. Вінниця: Нова Книга, 2020. 472 с.

References:

1. Klymchuk, O. M. (2019). *Urban ecology: A methodological manual*. Kherson: OLDI-PLUS.

2. Ministry of Health of Ukraine. (2010). *State sanitary norms and rules “Hygienic requirements for drinking water intended for human consumption” (DSanPiN 2.2.4-171-10)*. Retrieved April 23, 2025, from <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10>

3. Council of the European Union. (1998). *Council Directive 98/83/EC on the quality of water intended for human consumption*. Retrieved April 23, 2025, from http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/994_963

4. Verkhovna Rada of Ukraine. (1995). *Water Code of Ukraine (No. 213/95-VR)*. Retrieved April 23, 2025, from <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/213/95-%D0%B2%D1%80/page>

5. Nekos, A. N., Maksymova, A. M., & Shevchyk, K. V. (2019). Ecological quality of natural waters from urban sources in Kharkiv. *Man and Environment. Issues of Neoeology*, (31), 96–103.

6. Lisnyak, A. A., & Kulyk, M. I. (2022). Assessment of drinking water quality from natural sources within Kharkiv city. *Bulletin of V. N. Karazin Kharkiv National University. Series “Ecology”*, (27), 20–31.

7. Stepova, K. V., Musiy, K. V., & Dumas, I. Z. (2019). Assessment of water quality in natural springs in Lviv. *Bulletin of Lviv State University of Life Safety*, (20), 106–109.

8. Khilchevskiy, V. (2020). Global water resources: Challenges of the 21st century. *Bulletin of Taras Shevchenko National University of Kyiv*, (76/77), 6–16.

9. Liashenko, Ye. V., Bila, T. A., & Okhrimenko, O. V. (2017). *Processes of water purification: Cryodesalination*. *Tavriyskyi naukovyi visnyk*, (97), 236–243.

10. Bartkivska, V. V., & Tykhenko, O. M. (2018). *Modern technologies of household water post-treatment*. In *Proceedings of the 8th All-Ukrainian Scientific-Practical Internet Conference “Technogenic and Ecological Safety of Ukraine: State and Prospects of Development”* (p. 76). Irpin: National University of State Fiscal Service of Ukraine.

11. Lisniak, A. A., & Avramenko, N. T. (2020). *Comparison of methods of drinking water purification in domestic conditions*. In *Proceedings of the 16th All-Ukrainian Scientific Taliiev Readings*

(pp. 74–77). Kharkiv: V. N. Karazin Kharkiv National University.

12. State Standard of Ukraine. (2003). *DSTU ISO 7887:2003 Water quality. Examination and determination of colour (ISO 7887:1994, IDT)*. Retrieved April 23, 2025, from http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=72427

13. State Standard of Ukraine. (2001). *DSTU 4077-2001 Water quality. Determination of pH (ISO 10523:1994, MOD)*. Retrieved April 23, 2025, from http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=52791

14. State Standard of Ukraine. (2018). *DSTU ISO 15923-1:2018 Water quality. Determination of selected parameters by discrete analysis systems. Part 1: Photometric detection of ammonium, nitrate, nitrite, chloride, orthophosphate, sulfate and silicate (ISO 15923-1:2013, IDT)*. Retrieved April 23, 2025,

from http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=79777

15. Khromiak, U. V., & Khromiak, V. A. (2024). Ecological quality of natural water from springs in Vynnyky, Lviv region. In *V International Scientific and Practical Conference “Environmental Safety in Wartime” (Lviv, Nov 21, 2024)* (pp. 99–101). Lviv: Lviv State University of Life Safety.

16. Khromiak, U. V., & Vorobets, M. A. (2025). Study of drinking water quality from various sources in Vynnyky, Lviv region. In *10th International Youth Congress “Sustainable Development: Environmental Protection. Energy Efficiency. Balanced Natural Resource Use” (Lviv, March 27–28, 2025)* (p. 81). Lviv: National University “Lviv Polytechnic”.

17. Bardov, V. H., Omelchuk, S. T., & Merezhkina, N. V. et al. (2020). *Hygiene and ecology* (V. H. Bardov, Ed.). Vinnytsia: Nova Knyha.

© У. В. Хром'як, М. А. Воробець, 2025.

Науково-методична стаття.

Надійшла до редакції 24.04.2025.

Прийнято до публікації 04.06.2025.