

Науковий вісник Львівського національного університету
ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького.
Серія: Сільськогосподарські науки

Scientific Messenger of Lviv National University
of Veterinary Medicine and Biotechnologies.
Series: Agricultural sciences

ISSN 2519-2698 print

ISSN 2707-5834 online

doi: 10.32718/nvlvet-a9622

<https://nvlvet.com.ua/index.php/agriculture>

UDC 628.19

Biotechnological principles for improving the ecological state of natural springs in the city of Lviv

O. P. Rudenko[✉], N. A. Lytvyn, B. V. Gutyj, I. I. Dvyluk

Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies Lviv, Ukraine

Article info

Received 28.03.2022

Received in revised form

28.04.2022

Accepted 29.04.2022

Rudenko, O. P., Lytvyn, N. A., Gutyj, B. V., & Dvyluk, I. I. (2022). Biotechnological principles for improving the ecological state of natural springs in the city of Lviv. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences, 24(96), 153–161. doi: 10.32718/nvlvet-a9622

Stepan Gzhytskyi National
University of Veterinary Medicine
and Biotechnologies Lviv,
Pekarska Str., 50, Lviv,
79010, Ukraine.
Tel.: +38-096-813-07-93
E-mail: rudenko.olga86@gmail.com

A large number of water sources were found on the territory of Ukraine. Water sometimes has healing properties, but spring water's quality and "purity" cannot be guaranteed. It depends not only on people's daily activities but also on the location of the source. On the territory of the city of Lviv, there are several springs, the water used by the city's residents. An important problem is the removal of nitrites, nitrates, and sulfates that enter the water due to metabolic processes and disinfection using chloramination. The article examines the current ecological, microbiological and bacteriological state of natural sources in Lviv and characterizes water bodies' physical and chemical indicators. An analysis of literary data on the main characteristics of spring waters and their purification methods was carried out. The necessity, and therefore the relevance, of the analysis and detailed assessment of the water quality of springs in the territory of Lviv, is shown, namely: spring No. 1 in the park "Zalizna Voda" (Lviv, Ternopil'ska St.); spring No. 2 in the park "Zalizna Voda" (Lviv, Myshugy Street); spring No. 3 in Stryi Park (Lviv, Stryiska St.). Based on the obtained results, biotechnological methods and possible ways of solving the issues of ecologically safe use of spring waters of the city of Lviv are proposed. The results of the analysis were compared with the MPC (limit-permissible concentrations) of harmful substances in water bodies following Order No. 400 dated 12.05.2010 on the approval of the State sanitary standards and rules "Hygienic requirements for drinking water intended for human consumption" (DSanPiN 2.2. 4-171-10). Some problems were identified, which are solved by involving associations of microorganisms. Increased exploitation of biological processes for drinking water purification is the best way to ensure safe water in the city. According to the research results, it was determined that effective methods of water purification could be achieved when applying the proposed biotechnological methods.

Key words: spring water, groundwater, water resources, water pollution, environmental safety, microbiological indicators, biological filtration.

Біотехнологічні засади підвищення екологічного стану природних джерел міста Львова

О. П. Руденко[✉], Н. А. Литвин, Б. В. Гутий, І. І. Двильюк

Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького, м. Львів, Україна

На території України виявлено велику кількість водних джерел. Вода, яких має подекуди цілющі властивості, але гарантувати якість і "чистоту" джерельних вод не можна, причому залежить це не тільки від життєдіяльності людей, а й від місцезнаходження джерела. На території м. Львова є низка джерел, вода з яких використовується мешканцями міста. Важливою проблемою є видалення нітритів, нітратів та сульфатів, які потрапляють у воду внаслідок метаболічних процесів, а також дезінфекції із застосуванням хлорамонізації. У статті розглянуто сучасний екологічний, мікробіологічний та бактеріологічний стан природних джерел міста Львова, охарактеризовано фізико-хімічні показники водоїм. Проведено аналіз літературних даних щодо основ-

них характеристик джерельних вод, методів їх очищення. Показано необхідність, а отже й актуальність аналізу та детальної оцінки якості води джерел на території м. Львова, а саме: джерело № 1 у парку “Залізна Вода” (м. Львів, вул. Тернопільська); джерело № 2 у парку “Залізна Вода” (м. Львів, вул. Мишуги); джерело № 3 у Стрийському парку (м. Львів, вул. Стрийська). На основі одержаних результатів запропоновано біотехнологічні методи та можливі шляхи вирішення питань екологічно безпечного використання джерельних вод міста Львова. Результати аналізу порівнювали з ГДК (гранично-допустимих концентрацій) шкідливих речовин у водних об’єктах згідно з наказом № 400 від 12.05.2010 про затвердження Державних санітарних норм та правил “Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною” (ДСанПіН 2.2.4-171-10). Виявлено низку проблем, які вирішуються при залученні асоціацій мікроорганізмів. Посилена експлуатація біологічних процесів для очищення питної води – найкращий спосіб забезпечити безпечну воду у місті. За результатами досліджень визначено, що при застосуванні запропонованих біотехнологічних методів можна досягти ефективних методів очищення води.

Ключові слова: джерельна вода, підземні води, водні ресурси, забруднення води, екологічна безпека, мікробіологічні показники, біологічна фільтрація.

Вступ

Водні ресурси – одні з найцінніших природних складових на планеті. Вода належить до головних факторів, що визначають показники здоров’я і якості життя людей. За оцінками експертів ВООЗ, причиною 60 % захворювань у світі є вживання неякісної питної води, тому якість води є основним показником збалансованого розвитку суспільства (Zorina, 2019; Lytvyn et al., 2021; Vodni resursy Ukrainy).

Одним із джерел постачання води для населення служать джерельні води. Варто зазначити, що природні джерела не можуть систематично використовуватись населенням для питних потреб, оскільки вони не є джерелами централізованого водопостачання і відповідно не мають обслуговуючого персоналу. Для таких джерел не встановлені зони санітарної охорони, в межах яких забороняється господарська діяльність. У зв’язку з цим якість води з таких природних джерел має нестабільні показники, які залежать від багатьох факторів техногенного та природного характеру (санітарно-хімічні та санітарно-мікробіологічні показники можуть коливатися інколи протягом одного тижня), що робить її непридатною для споживання людиною (Stan yakosti vody z pryrodnykh dzherel m. Lvova).

Підземні води досить широко використовуються у системах централізованого питного водопостачання, тому що є більш захищеними порівняно з поверхневими. Крім того, підземні води зазвичай характеризуються досить високими фізико-хімічними та бактеріологічними показниками, мають постійний гідрохімічний склад, який не залежить від погодних і сезонних коливань (Mencha, 2006; Mamchenko, 2009).

Значна частина підземних вод, залучених до централізованого питного водопостачання, не відповідає вимогам основного нормативного документа – ДСанПіН 2.2.4-171-10 “Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною” – за одним або кількома показникам (ДСанПіН 2.2.4-171-10). У цих водах необхідно відзначити не лише підвищену, а й високу мінералізацію води, в тому числі і її жорсткість, підвищений вміст заліза і мангану (Iakovliev, 2008; Kravchenko, 2019).

Природні водні джерела, це не тільки джерела водопостачання, а й природна пам’ятка, з якими безпосередньо пов’язана історія міста. На території м. Львова є низка джерел, вода з яких використовується мешканцями міста для споживчих потреб (Stepova et al., 2019).

Оскільки в місті збільшується кількість населення, то і споживча кількість води зростає. Тому вкрай важливо вживати чисту та якісну питну воду.

Загальне мікробне число – кількість колонієутворюючих одиниць (далі – КВО) мікроорганізмів (Colony Forming Units – CFU) у 1 куб. см води. Це непрямий показник бактеріального забруднення води, оскільки характеризує загальний вміст мікроорганізмів у воді без їх якісної характеристики (Методичні рекомендації, розд. І 14.03.2008 №138) (Prokopov & Ohnianyk, 2016).

Склад мікрофлори підземних вод (артезіанської, джерельної, ін.) залежить головним чином від глибини залягання водоносного шару, характеру ґрунту. Артезіанські води містять малу кількість мікроорганізмів. Підземні води, що видобуваються через звичайні колодязі з неглибоких водоносних шарів, куди можуть просочуватися поверхневі забруднення, містять зазвичай значні кількості бактерій, серед яких можуть бути і хвороботворні. Чим вище розташовані ґрунтові води, тим ряснішою є їхня мікрофлора (Nikol’nyj, 1987).

Стан водних джерел за якістю води не відповідає нормативним вимогам. Через використання неякісної води зросла захворюваність людей. Потрібно вживати заходів, які спрямовані на відвернення та усунення наслідків забруднення, засмічування та виснаження вод (Klymniuk et al., 2004; Kalyn et al., 2020; Prychepa et al., 2021; Honcharova et al., 2021).

Для кількісного та якісного аналізу води використовують багато різноманітних мікробіологічних методів у зв’язку з тим, що видовий склад мікрофлори дуже відрізняється залежно від характеру водойми, глибини, ступеня забруднення тощо (Gromov & Pavlenko, 1989; Putimov et al., 1991; Litvin & Pushkareva, 1994).

До основних забруднювачів води у місті зараховують залізо, аміак, марганець, хлориди, нітрати. Попереднє застосування технологій знезараження води найчастіше приводить до утворення у воді надзвичайно шкідливих для здоров’я людини сполук (хлороформ – CHCl_3 , діоксин і т. п.).

Застосування біотехнологічних методів знезалізування водойми зумовлено наявністю у воді особливих видів мікроорганізмів, які належать до залізобактерій. Вони, подібно до кисню у фізико-хімічних методах, здатні окиснювати сполуки Fe (II) до Fe (III), які далі через стадію гідролізу переходять в осад і можуть бути видалені фільтруванням, осадженням або іншими способами (Tarasevich, 1998).

Біотехнологічні методи знезалізнення води, безумовно, є найбільш перспективним напрямом очищення води (Filip & Küster, 1979; Bitton, 2010; Ahmad et al., 2011). Вони засновані на використанні спеціальних особливих або специфічних мікроорганізмів, найбільш дослідженими, а отже і найбільш поширеними з яких є залізобактерії.

Обмежене застосування біотехнологічних методів у водопідготовці в основному пов'язане з невисокою швидкістю процесу, а також необхідністю створення і підтримання спеціальних параметрів середовища для розвитку та життєздатності мікроорганізмів (Amjad, 2010). Разом з тим посилена експлуатація біологічних процесів є фундаментальним завданням для очищення природних джерел через низькі економічні та енергетичні витрати. Для видалення найпоширеніших забруднень існують біологічні процеси, а процеси біофільтрації можуть створити біологічно стабільний продукт, який зберігає високу якість у розподільчих мережах, мінімізуючи можливості для вторгнення патогенів (Khvesyuk & Mandzyk, 2009).

Метою нашої роботи було проаналізувати та оцінити якість води джерел на території м. Львова, а саме: джерело № 1 у парку “Залізна Вода” (м. Львів, вул. Тернопільська); джерело № 2 у парку “Залізна Вода” (м. Львів, вул. Мишуги); джерело № 3 у Стрийському парку (м. Львів, вул. Стрийська) та запропонувати біологічні методи очищення для підвищення ефективності вилучення органічних забруднюючих речовин. Обґрунтувати моніторингові дослідження природних джерел міста Львова та на основі одержаних результатів запропонувати біотехнологічні можливі шляхи вирішення питань екологічно безпечного використання цих водних ресурсів.

Матеріал і методи досліджень

Експериментальна частина роботи виконувалась у лабораторії за адресою м. Львів вул. Стрийська, 18а. Лабораторія атестована згідно з вимогами законодавства, свідоцтво про атестацію № ПТ-375/20 від “28” 09. 2020 р.

Матеріалом для досліджень слугували проби води, з трьох джерел міста Львова: № 1 у парку “Залізна Вода” (м. Львів, вул. Тернопільська); № 2 “Залізна Вода” (м. Львів, вул. Мишуги) та № 3 – джерело в Стрийському парку (м. Львів, вул. Стрийська).

Відбір проб проводили відповідно до вимог ДСанПіНу N 383/1940 “Вода питна. Гігієнічні вимоги до якості води централізованого господарсько-питного водопостачання”.

В експериментальній частині було використано фотоколориметричні та потенціометричні методи дослідження. Приготування необхідних розчинів проводилось згідно зі стандартними методиками.

Нами були досліджені такі показники: органолептичні – прозорість, запах, кольоровість; фізико-хімічні – водневий показник (рН), загальна жорсткість, сухий залишок, фосфати, хлориди, нітрат-іонів, нітрити, сульфати та залізо загальне; мікробіологічні – загальне мікробне число, колиформні бактерії та

ентерококи. Обробку отриманих результатів здійснено в комп'ютерній програмі Microsoft Excel.

Результати аналізу порівнювали з переліком ГДК шкідливих речовин у водних об'єктах згідно з наказом № 400 від 12.05.2010 про затвердження Державних санітарних норм та правил “Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною” (ДСанПіН 2.2.4-171-10).

Результати досліджень

На території міста Львова є декілька джерел, вода з яких використовується мешканцями міста. У роботі ми дослідили воду з трьох джерел двох парків міста, а саме парку “Залізна Вода” (рис. 1) та Стрийського парку (рис. 2).

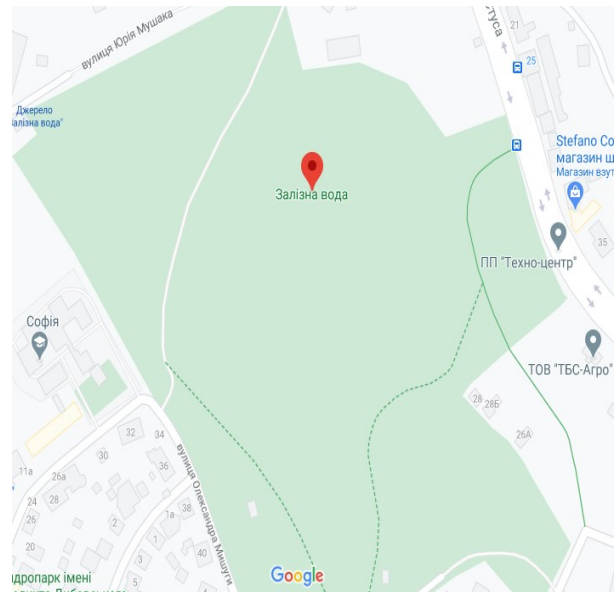


Рис. 1. Парк “Залізна Вода”

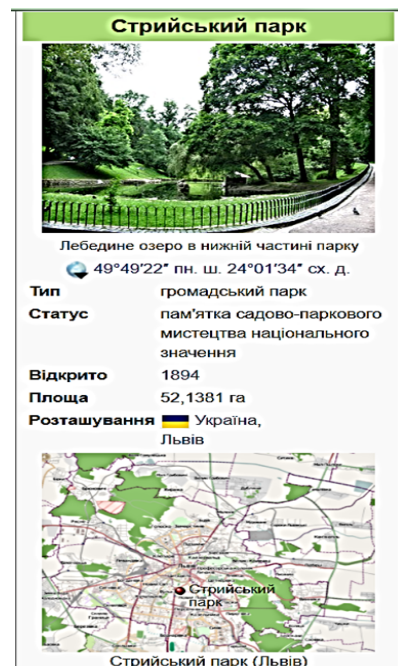


Рис. 2. Парк “Стрийський”

Проби води ми відібрали з цих джерел, а саме: джерело № 1 у парку “Залізна Вода” (м. Львів, вул. Тернопільська).

Джерело № 2 у парку “Залізна Вода” на вулиці Мишуги).

Джерело № 3 у Стрийський парку міста Львова на вулиці Стрийська.

Джерельна вода протікає глибоко під землею. Як мінімум глибина залягання водоносних шарів стано-

вить 10–20 м. Саме цим і обумовлюється чистота джерельної води. Органолептичними показниками якості води джерел, які підлягали оцінці на відповідність гігієнічному стандарту, були: запах при температурі 20 °С і 60 °С, смак та присмак при температурі 20 °С, прозорість за допомогою приладу Шеллена та колірність у одиницях кольору-градусах (табл. 1).

Таблиця 1

Органолептичні показники якості води природних джерел міста Львова

Назва джерела	Запах(бали при 20 °С)	ГДК	Запах (бали при 60 °С)	ГДК	Смак та присмак (бали при 20 °С)	ГДК	Прозорість	ГДК	Колірність (градуси колірності)	ГДК
№ 1	2	≤ 3	3	≤ 3	3	≤ 3	3,5	≤ 3,5	9	≤ 35
№ 2	3	≤ 3	4	≤ 3	5	≤ 3	5	≤ 3,5	12	≤ 35
№ 3	2	≤ 3	3	≤ 3	3	≤ 3	3	≤ 3,5	5	≤ 35

Примітка: № 1 – джерело парку “Залізна Вода” (вул. Тернопільська); № 2 – джерело парку “Залізна Вода” (вул. Мишуги); № 3 – джерело в Стрийському парку (вул. Стрийська)

Зокрема запах води при 20 °С мав металеву насиченість у зразках № 1 і 2, що може свідчити про присутність у досліджуваних пробах високих концентрацій Феруму або Марганцю.

Смакові якості води в 1 і 3 зразках були в допустимих межах, окрім другого, в якому запах мав виражену насиченість як металу, так і сірки.

Не відповідала гранично допустимій концентрації (ГДК) нормі, за прозорістю вода у джерелі, в парку “Залізна Вода”.

У групі фізико-хімічних показників під час дослідження якості води виявлено такі відмінності (табл. 2).

Таблиця 2

Фізико-хімічні показники якості води

Джерело	Загальна жорсткість, ммоль/мл	Водневий показник, рН	Сухий залишок, мг/мл	Фосфати, мг/мл	Хлориди, мг/дм ³	Сульфати, мг/мл	Нітрати, мг/дм ³	Нітриди, мг/дм ³	Залізо загальне, мг/мл
№ 1	11,1	7,8	1100	3,5	320	420	45	2,1	0,9
№ 2	12,3	8,9	1600	3,8	370	600	50	3,4	1,3
№ 3	10,9	8,3	1300	3,5	290	400	47	2,0	0,6
ГДК	≤10	6,5-8,5	≤1500	≤3,5	≤350	≤500	≤50	≤3,3	≤1,0

Примітка: № 1 – джерело парку “Залізна Вода” (вул. Тернопільська); № 2 – джерело парку “Залізна Вода” (вул. Мишуги); № 3 – джерело в Стрийському парку (вул. Стрийська)

Водневий показник, як і сухий залишок, перевищував допустиме значення лише у зразку води з джерела в парку “Залізна Вода” (вулиця Мишуги).

Вміст фосфатів у воді джерел № 1 і № 3 був у межах норми 3,5 мг/мл, а у джерелі № 2 був вищим за норму на 0,5 мг/мл.

Вміст хлоридів (ГДК – 350 мг/дм³) та сульфатів (ГДК – 500 мг/дм³) у воді джерел парку “Залізна Вода” на вулиці Тернопільська та джерела у Стрийському парку не перевищував гранично допустимих норм. Найвищими дані показники були у джерелі парку № 2 “Залізна Вода” на вулиці Мишуги і становили відповідно 370 і 600 мг/дм³

Можна побачити з даних таблиці 2, вміст нітратів у водах всіх досліджуваних джерел не перевищував гранично допустимої концентрації та коливався в діапазоні 45–50 мг/дм³. Дещо вищим від норми – на 0,1 мг/дм³ був вміст нітридів (ГДК – 3,3 мг/дм³) у водах джерела № 2.

Деяке збільшення концентрації заліза нами спостерігалось у водах джерела, що на вулиці Мишуги, – 1,3 мг/дм³ при нормі 1,0 мг/дм³.

Жорсткість води, як відомо, визначається кількістю розчинених у ній солей Кальцію та Магнію. Нами були визначені окремий вміст кожної із солей і, звичайно, загальна жорсткість для всіх відібраних зразків води. Аналіз показав, що вода в усіх відібраних зразках перевищувала граничні норми жорсткості, згідно з А. А. Зениним (Zenin & Belousova, 1988).

Так, загальна жорсткість перевищувала гігієнічні вимоги (10 ммоль/мл) у всіх трьох джерелах: у джерелі № 1 парку “Залізна Вода” (вул. Тернопільська) – 11,1 ммоль/мл; у джерелі № 2 парку “Залізна Вода” (вул. Мишуги) – 12,3 ммоль/мл. Найнижчою була жорсткість у джерелі в Стрийському парку – 10,9 ммоль/мл (рис. 3).

Мікробіологічні показники – показники епідемічної безпеки питної води, перевищення яких може призвести до виникнення інфекційних хвороб у людини (Prozatverdzhennia Derzhavnykh sanitarnykh norm).



Рис. 3. Визначення загальної жорсткості води

Під час досліджень мікробіологічних показників, в усіх досліджуваних джерелах у воді подекуди можна було помітити перевищення чинних норм мікробіологічної безпеки.

Дані про мікробіологічні показники природних джерел міста Львова наведено у таблиці 3.

Загальне мікробне число – це показник, що характеризує загальне мікробне зараження. Перевищення даного показника може свідчити про наявність, крім сапрофітної мікробіоти, ще й патогенної. У країнах Європи цей показник допускається до 20 КУО/мл. В Україні ЗМЧ для водопровідної води допускається до 100 КУО/мл, а для джерел та каптажів даний показник не нормується. Усі досліджувані зразки мали показники в межах норми. Хоча у другому зразку даний показник був дещо перевищений.

Загальні коліформні бактерії – це мікроорганізми групи кишкової палички (рис. 4). У воду вони потрапляють зазвичай з фекальними стоками і здатні вижити там протягом декількох тижнів, проте зазвичай у даному середовищі вони і не розмножуються.

Таблиця 3

Визначення мікробіологічних показників природних джерел міста Львова

Джерело	Загальне мікробне число, КУО/мл	Коліформні бактерії, КУО/100 мл	<i>E. coli</i> , КУО/100 мл	Ентерококи, КУО/мл
№ 1	49	відсутні	відсутні	відсутні
№ 2	98	3	2	відсутні
№ 3	71	3	відсутні	відсутні
ГДК	≤100	≤1	відсутність	відсутність

Примітка: № 1 – джерело парку “Залізна Вода” (вул. Тернопільська); № 2 – джерело парку “Залізна Вода” (вул. Мишуги); № 3 – джерело в Стрийському парку (вул. Стрийська)

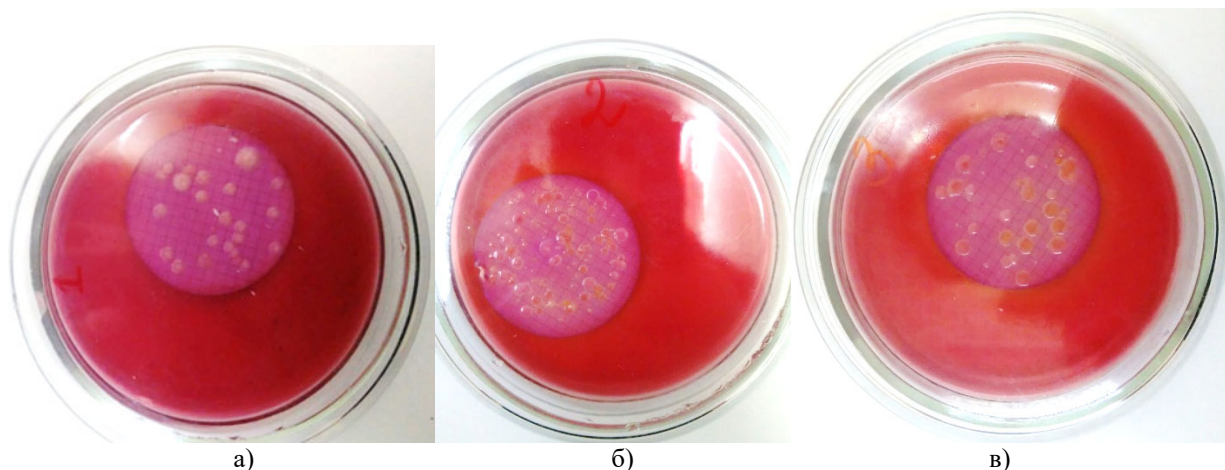


Рис. 4. Визначення числа загальних коліформних бактерій: а) джерело № 1; б) джерело № 2; в) джерело № 3

Примітка: № 1 – джерело парку “Залізна Вода” (вул. Тернопільська); № 2 – джерело парку “Залізна Вода” (вул. Мишуги); № 3 – джерело в Стрийському парку (вул. Стрийська)

Число коліформних бактерій перевищувало допустимі норми у № 2 та 3 зразках. У зразках № 2 і № 3 виявлено однакову кількість коліформних бактерій. А безпосередньо в № 2 зразку ідентифіковано 2 КУО *E. coli*. Наявність коліформних бактерій у воді свідчить про вторинне зараження або про наявність надлишкової кількості поживних речовин.

Ентерококи – це бактерії родини *Enterococcaceae* і належать до санітарно-показових мікроорганізмів. З

точки зору фізіологічних особливостей вони схожі зі стрептококами. У кишечнику людини широко представлені два види симбіонтів – *E. faecalis* і *E. faecium*. Ентерококи були відсутні у всіх досліджуваних зразках.

Для очищення питної води нами запропоновано використання мікробної біотехнології – біологічної фільтрації. Це фільтрація води через гранульовані середовища, такі як пісок, гранульоване активоване

вугілля або антрацит та може включати повільну фільтрацію піску або швидко (гравітаційну або під тиском).

Обговорення

Вода є одним з найважливіших елементів навколишнього середовища. Вода для людини має фізіологічне, санітарно-гігієнічне, виробниче та епідеміологічне значення. Вживання недоброякісної води може призводити до порушення санітарного режиму підприємств, випуску неякісної продукції, а також бути причиною виникнення інфекційних захворювань, харчових отруєнь, гельмінтозів та ін. Фізіологічне значення води для людини полягає в тому, що вона входить до складу всіх біологічних тканин.

Упродовж другої половини минулого століття потреба у господарсько-питній воді значно зросла і водопостачання у населених пунктах області переорієнтовано на більш багаті і захищені джерела підземних вод – свердловини. Вода джерел у таких умовах є альтернативою для водопровідної води і з часом, у зв'язку з погіршенням якості останньої, а також з причини подорожчання пляшкової води набуває все більшої популярності серед населення (Iakovliev, 2014).

Основними джерелами питної води є поверхневі та підземні води. Обидві форми води не є безпечними і потребують певних методів очищення, щоб вважатись питною. Для забезпечення належної якості води існують нормативні вказівки щодо біологічних забруднювачів (патогенних бактерій, найпростіших, вірусів та гельмінтів), неорганічних хімічних речовин (металів, оксианіонів, видів азоту та радіонуклідів) та органічних хімічних речовин (природних органічні речовини та синтетичних органічних хімічних речовин сільськогосподарського, промислового та побутового використання). У регіонах, де дезінфекція використовується для очищення питної води, залишки дезінфікуючих засобів та дезінфекція побічних продуктів також зазвичай регулюються через їх потенційний шкідливий вплив на здоров'я (DSanPiN 2.2.4-171-10).

Історично і донині при виробництві питної води використовувались мікробні процеси. Біологічна обробка питної води широко розповсюджена з 1800-х років у вигляді повільної фільтрації піску або фільтрації в банку (Sandeep et al., 2011).

Львів розташований на Головному Європейському вододілі, тому проблема водопостачання для міста існує вже понад 600 років. Зі зростанням міста, зокрема його населення і виробничого потенціалу, з'явилася значно більша потреба у технологічній і питній воді. Саме це змушувало львів'ян шукати шляхи вирішення цієї проблеми. Розвиток промисловості, будівництва й інші техногенні впливи призводять до порушення гідродинамічного режиму і забруднення джерел прісної води (Istoriia Lvivskoho vodoprovodu).

Серед жителів м. Львова поширеною є думка, що вода з природних джерел парків є кращою за водопровідну.

У даній роботі подано результати щодо покращення смакових та якісних характеристик джерельних вод у місті Львові за рахунок запропонованих біотехнологічних методів очищення.

Аналізуючи органолептичні показники якості води природних джерел та фізико-хімічні показники, результати наших досліджень показали, що вміст хлоридів (ГДК – 350 мг/дм³) та сульфатів (ГДК – 500 мг/дм³) у воді джерел парку “Залізна Вода” на вулиці Тернопільській та джерела у Стрийському парку не перевищував гігієнічних нормативів. Найвищим він був у джерелі парку “Залізна Вода” на вулиці Мишуги і становив відповідно 370 і 600 мг/дм³.

Небезпека сульфатів полягає в тому, що вони володіють проносною дією, це призводить до розладу шлунково-кишкового тракту. Саме тому гранично допустима концентрація сульфатів строго регламентується і не повинна перевищувати 500 мг/дм³. Крім того, високі концентрації сульфатів можуть викликати подразнення слизової оболонки очей і шкіри, шкодити волоссю. Воду з підвищеним вмістом сульфатів не рекомендується використовувати не тільки в питних, а й господарсько-побутових цілях. Наприклад, в присутності кальцію такі речовини здатні утворювати накип.

Аналогічний вплив чинять і надлишкові хлориди. Після вживання такої води значно порушується водно-сольовий баланс і робота травного тракту, з'являються набряки і схильність до захворювань сечостатевої системи. Надлишок солей призводить до змін в кровоносних судинах, перевантажує роботу нирок і серця, підвищує артеріальний тиск і може помітно погіршити перебіг серцево-судинних захворювань.

Небезпека надлишку нітратів та нітритів обумовлена їх токсичним впливом на організм людини. Ці сполуки особливо небезпечні для новонароджених, дітей і дорослих з дефіцитом певного типу ферментів. Нітрати в організмі можуть перетворюватись на нітроти. Нітроти ж можуть окиснювати залізо у крові, роблячи його нездатним транспортувати кисень. Високе споживання нітратів може призвести до метгемоглобінемії, а в деяких випадках – до гострого стану, при якому здоров'я швидко погіршується протягом декількох днів.

При дослідженні числа коліформних бактерій можна було зауважити, що вони перевищували допустимі норми у 2 та 3 зразках.

Загальні коліформні бактерії – це мікроорганізми групи кишкової палички. У воду вони потрапляють з фекальними стоками і здатні виживати там протягом декількох тижнів, проте зазвичай у даному середовищі вони і не розмножуються. У зразках 2 і 3 виявлено однаково кількість коліформних бактерій. А безпосередньо в 2 зразку ідентифіковано 2 КУО *E. coli*. Наявність коліформних бактерій у воді свідчить про вторинне зараження або про наявність надлишкової кількості поживних речовин.

Варто зазначити, що дослідження гігієнічної оцінки якості води джерел міста Львова, проведені у 2013 році Лотоцькою-Дудик У. Б. зі співавторами, показа-

ли, що якості води за санітарно-хімічними та мікро-біологічними показниками в 11 джерелах м. Львова за гігієнічними вимогами відповідає лише вода у трьох джерелах (сміт Брюховичі, вул. Львівська, 2; вул. Черемшини № 2; с. Раковець Пустомитівського р-ну) та є придатною для споживання. Решту джерел на території м. Львова доцільно розглядати як елементи ландшафту та не використовувати для питних потреб (Lototskaa-Dudyk et al., 2013).

Питання якості джерельної води в межах Львівської області вже розглядалось у працях деяких дослідників. Зокрема фахівцями Інституту геології і геохімії горючих копалин НАН України були досліджені деякі джерела Львова та області (Pankiv & Maikut, 2005; Kolodii et al., 2007; Narasymchuk et al., 2013).

Схожі дослідження проводились і ПрАТ “Геотехнічний інститут” в ході вивчення якості підземних вод Львова (Kondratiuk et al., 2011) та Дрогобицьким державним університетом, а також низкою інших дослідників (Lototskaa-Dudyk et al., 2013; Pidlisna, 2016). Поряд з цим дослідники Дідула Р. П. зі співавторами (Didula et al., 2018) оцінювали якість води джерел за двома критеріями: на відповідність нормативам санітарно-хімічних показників безпечності та якості питної води і показникам фізіологічної повноцінності мінерального складу води. Для досліджень були вибрані найпопулярніші джерела, воду яких використовує в питних цілях значна кількість населення міста.

Авторами було встановлено, що вода з джерел міста без водопідготовки непридатна до щоденного вживання. Проте дослідники, вивчаючи якісні показники джерельної води, не пропонували альтернативного способу очищення забрудненої водою.

Нами запропоновано біологічні процеси фільтрації питної води, доступні для видалення широкого спектра хімічних забруднень, які є менш дорогими та енергоємними, ніж передові хімічні або фізичні методи очищення, і надійні в широкому діапазоні умов експлуатації та якості води.

Це, зокрема, залучення біотехнологічних методів з використанням бактерій, що можуть відновити досліджувані водойми: за рахунок бактерій деструкторів, біоплівки або за рахунок активного мулу.

Закордонними дослідниками (Gülay et al., 2014) було встановлено що мікроорганізми ростуть на поверхні середовища і беруть участь у видаленні ряду речовин залежно від джерела води.

Біологічну фільтрацію можна використовувати для видалення неорганічних сполук (наприклад, Амонію, Нітриту, Сульфідів, Метану, заліза та Марганцю) (Gülay, 2016). Адаптація систем біологічної фільтрації з нульовим валентним залізом також може використовуватися для видалення радіонуклідів, таких як Уран (Gottinger et al., 2010), а інші адсорбенти можуть бути включені в біологічні фільтри для видалення важких металів, таких як Свинець і Кадмій (Health Canada, 2010).

Процеси біологічної фільтрації активно вивчають канадські вчені, зокрема Ганс Петерсон та застосовують практично цю технологію для очищення питної води. Порівняно з іншими технологіями очищення питної води, біологічна обробка знищує забруднення

повністю і здатна одночасно видаляти кілька забруднень.

У перспективі наших досліджень є детальний аналіз біологічного очищення джерельних вод міста Львова.

Висновки

1. Ранжування досліджуваних джерел, а саме: в Стрийському парку (вул. Стрийська) та джерел № 1 і № 2 в парку “Залізна Вода”, що знаходяться відповідно за адресою вул. Мишуги та вул. Тернопільська, показало, що залежно від якості води найбільше відповідає питним нормам вода з джерела парку “Залізна Вода” (вул. Тернопільська), але і мають місце показники що перевищують гранично допустиму концентрацію.

2. Для того, щоб забезпечити екологічно безпечне використання води джерел у сучасних умовах мегаполісів (наприклад, м. Львова), необхідно виконати комплекс природоохоронних (екологічних), реконструктивних і науково-організаційних заходів:

- постійно контролювати якість води;
- здійснити комплекс заходів щодо гарантованого захисту зон живлення джерел.

До виконання цих заходів впровадити режим обмеження використання води джерел, що розташовані в межах міста і не мають гарантованого захисту зон живлення від техногенного забруднення.

3. Посилена експлуатація біотехнологічних процесів для очищення питної води – найкращий спосіб забезпечити якісну воду у місті. Біологічні процеси зазвичай є менш витратними та менш енергоємними, ніж сучасні хімічні та фізичні процеси видалення і можуть бути ефективними для видалення більшості відповідних забруднень.

Відомості про конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів.

References

- Ahmad, I., Ahmed, F., & Pichtel, J. (2011). *Microbes and microbial technology. Agricultural and environmental applications*. New York: Springer. URL: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4419-7931-5>.
- Anjad, Z. (2010). *The science and technology of industrial water treatment*. Boca Raton, FL; London: CRC Press. URL: [http://www.abfaeng.ir/Content/media/article/abfaeng.ir%20The_Science_and_Technology_of_Indust\(b-ok.org\)_0.pdf](http://www.abfaeng.ir/Content/media/article/abfaeng.ir%20The_Science_and_Technology_of_Indust(b-ok.org)_0.pdf).
- Bitton, G. (2010). *Wastewater Microbiology, Fourth Edition*. DOI: 10.1002/9780470901243.
- Derzhavni sanitarni normy ta pravyla. Hihienichni vymohy do vody putnoi, pryznachenoї dlia spozhyvannia liudynoiu (DSanPiN 2.2.4-171-10) (in Ukrainian).
- Didula, R. P., Kondratiuk, Ye. I., Blavatskyi, Yu. B., Usov, V. Yu., & Pylypovych, O. V. (2018). *Otsinka sanitarno-khimichnykh pokaznykiv bezpechnosti ta yakosti vody populiarnykh dzherel riznykh he-*

- ostrukturykh zon lvivshchyny. *Hidrolohiia, hidrokhemii i hidroekolohiia*, 4(51), 87–101 URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/glghe_2018_4_8 (in Ukrainian).
- Filip, Z., & Küster, E. (1979). Microbial activity and the turnover of organic matter in a municipal refuse disposed of in a landfill. *European J. Appl. Microbiol. Biotechnol*, 7, 371–379. DOI: 10.1007/BF00499852.
- Gottinger, A. M., Wild, D. J., McMartin, D., Moldovan, B., & Wang, D. (2010). Development of an iron-amended biofilter for removal of arsenic from rural Canadian prairie potable water. In *Water Pollution X*. Edited by A.M. Marinov and C.A. Brebbia. WIT Press, Ashurst, Southampton, 333–344. DOI: 10.2495/WP100291.
- Gromov, B. V., & Pavlenko, G. V. (1989). *Jekologija bakterij*. Leningrad: Izdvo Leningr. un-ta (in Russian).
- Gülay, A. (2016). Ecological patterns, diversity and core taxa of microbial communities in groundwater-fed rapid gravity filters. *The ISME Journal*, 10, 2209–2222. DOI: 10.1038/ismej.2016.16.
- Gülay, A., Tatari, K., Musovic, S., Mateiu, R. V., Albrechtsen, H.-J., & Smets, B. F. (2014). Internal porosity of mineral coating supports microbial activity in rapid sand filters for groundwater treatment. *Appl Environ Microbiol*, 80(22), 7010–7020. DOI: 10.1128/AEM.01959-14.
- Harasymchuk, V., Pankiv, R., & Kaminetska, B. (2013). Hidrodinamichne modeliuвання та otsinka ekolohoheokhimichnykh kharakterystyk hruntovykh vod silskoi mistsevoli (na prykladi s. Novosilka Lvivskoi oblasti). *Heolohiia i heokhemii horiuchykh kopalyn*, 1-2, 78–87. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/giggk_2013_1_2_10 (in Ukrainian).
- Health Canada (2010). Guidelines for Canadian Drinking Water Quality: Guide-line Technical Document – Radiological Parameters. URL: <https://www.canada.ca/en/health-canada/services/publications/healthy-living/guidelines-canadian-drinking-water-quality-guideline-technical-document-radiological-parameters.html>.
- Honcharova, O. V., Paraniak, R. P., Kutishchev, P. S., Paraniak, N. M., Hradovych, N. I., Matsuska, O. V., Rudenko, O. P., Lytvyn, N. A., Gutyj, B. V., & Maksishko, L. M. (2021). The influence of environmental factors on fish productivity in small reservoirs and transformed waters. *Ukrainian Journal of Ecology*, 11(1), 176–180. DOI: 10.15421/2021_27.
- Iakovliev, V. V. (2014). Dzherelni vody Kharkivskoi oblasti yak dzherelo pytnoho vodopostachannia. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho universytetu*, 40(1098), 63–72. URL: <https://periodicals.karazin.ua/geoco/article/view/1109> (in Ukrainian).
- Iakovliev, Ye. O. (2008). Rehionalna otsinka terytorialnoho rozpodilu ta ekolohichnoho stanu pidzemnykh vod Ukrainy (zona aktyvnoho vodoobminu). *Vodopostachannia ta vodovidvedennia*. Kyiv, 46–51 (in Ukrainian).
- Istoriia Lvivskoho vodoprovodu. URL: <https://begemot.lviv.ua/stattya-2> (in Ukrainian).
- Kalyn, B. M., Khromova, M. V., Vishchur, V. I., Butsiak, H. A., Kropyvka, S. I., & Gutyj, B. V. (2020). Estimation of quality of surface water of Dniester river basin within Lviv and Khmelnytsk regions. *Ukrainian Journal of Ecology*, 10(6), 127–132. DOI: 10.15421/2020_271.
- Khvesyuk, M. A., & Mandzyk, V. M. (2009). Vodni resursy – investytsiia sohodennia i perspektyva maibutnoho. *Investytsii: praktyka ta dosvid*, 1, 2–8 (in Ukrainian).
- Klymniuk, S. I., Sytnyk, I. O., & Tvorko, M. S. (2004). *Praktychna mikrobiolohiia*. “Ukrmedknyha”. Ternopil (in Ukrainian).
- Kolodii, V., Pankiv, R., & Maikut, O. (2007). Do hidroheolohii i hidroheokhemii Lvova y okolyts. *Pratsi naukovoho tovarystva im. Shevchenka. Nauk. t-vo im. Shevchenka*. L.: NTSh. Heolohichnyi zbirnyk, 19, 175–181. URL: <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/73811> (in Ukrainian).
- Kondratiuk, Ye., Didula, R., Blavatskyi, Yu., & Tryhuba, L. (2011). Osoblyvosti khimichnoho skladu hospodarsko-pytnykh vod mista Lvova. *Mat. Kh mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii “Resursy pryrodnykh vod Karpatskoho rehionu”*, 96–102 (in Ukrainian).
- Kravchenko, O. V. (2019). *Biotekhnolohichni zasady pidvyshchennia enerhoresursoefektyvnosti ta ekolohichnoi bezpeky protsesiv na obiektakh komunalnoi infrastruktury: dys. ... d-ra tekhn. nauk : 03.00.20 - biotekhnolohiia*. Kyiv. URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/26293> (in Ukrainian).
- Litvin, V. Ju., & Pushkareva, V. I. (1994). Faktory patogennosti bakterij: funkcii v okruzhajushhej srede. *Zhurnal mikrobiologii, jepidemiologii i immunologii*, 3, 83–87 (in Russian).
- Lototskaa-Dudyk, U. B., Krupka, N. O., Halai, O. A., & Stanko, O. M. (2013). Hihiiienichna otsinka yakosti vody dzherel m. Lvova. *Dovkillia ta zdorovia*, 2, 60–62. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/gigienichna-otsinka-yakosti-vodi-dzherel-m-lvova/viewer> (in Ukrainian).
- Lytvyn, N. A., Rudenko, O. P., & Gutyj, B. V. (2021). Assessment of the quality of pond waters of Lviv region and prospects for the use of phytoplankton biomass in these reservoirs. *Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences*, 23(95), 108–113. DOI: 10.32718/nvlvet-a9516.
- Mamchenko, A. V. (2009). Prioritetnye napravlenija v tehnologii ochistki podzemnykh vod ot zheleza. *Opresnenie pit'evoy vody*, 2(3), 57–77 (in Russian).
- Mencha, M. N. (2006). Zhelezobakterii podzemnykh vod v processah obezzhelezivaniya. *Vodosnabzhenie i san-tehnika*, 1(7), 49–53 (in Russian).
- Nikol'nyj, B. P. (1987). *Fizicheskaja himija. Teoreticheskoe i prakticheskoe rukovodstvo: Ucheb. posobie dlja vuzov*. L.: Himija 87 (in Russian).
- Pankiv, R., & Maikut, O. (2005). Hidroheokhemii mikroelementiv u dzherelnykh vodakh Lvova. “Resursy pryrodnykh vod Karpatskoho rehionu”. *Mat. IV mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii*, 166–170 (in Ukrainian).
- Pidlisna, O. (2016). Dzherela pidzemnykh vod Lvova yak pamiatky nezhyvoi pryrody. “Heoturizm: praktyka i dosvid”. *Materialy II mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii (5-7 travnia 2016 r., Lviv)*. Lviv: NVF “Karty i Atlasy”, 111–113 (in Ukrainian).
- Pro zatverdzhennia Derzhavnykh sanitarnykh norm ta pravyl “Hihiiienichni vymohy do vody pytnoi,

- pryznachenoj dlia spozhyvannia liudynoiu” (dsanpin 2.2.4-171-10). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10#text> (in Ukrainian).
- Prokopov, V. O., & Ohnianyuk, N. S. (2016). Pytna voda Ukrainy: medyko-ekolohichni ta sanitarno-hihiiienichni aspekty. Medytsyna. Kyiv (in Ukrainian).
- Prychepa, M., Hrynevych, N., Martseniuk, V., Potrokhov, O., Vodianskyi, O., Khomiak, O., Rud, O., Kytsokon, L., Sliusarenko, A., Dunaievska, O., Gutyj, B., Pukalo, P., Honcharenko, V., Yevtukh, L., Bozhyk, L., Prus, V., & Makhorin, H. (2021). Rudd (Scardinius Erythrophthalmus L., 1758) as a bioindicator of anthropogenic pollution in freshwater bodies. *Ukrainian Journal of Ecology*, 11(2), 253–260. DOI: 10.15421/2021_108.
- Putimov, A. V., Kopreev, A. A., & Petrukhin, N. V. (1991). Okhorona navkolyshnoho seredovyshcha. *Khimiia* (in Ukrainian).
- Sandeep, G., Dheeraj, A., Kumar, S. N., Deenanath, J., & Bharti, A. (2011). Effect of plumbagin free alcohol extract of *Plumbago zeylanica* Linn. root on reproductive system of female Wistar rats. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, 4(12), 978–984. DOI: 10.1016/S1995-7645(11)60230-7.
- Stan yakosti vody z pryrodnykh dzherel m. Lvova. URL: <https://lvivdpss.gov.ua/stan-yakosti-vody-z-pryrodnykh-dzherel-m-lvova> (in Ukrainian).
- Stepova, K. V., Musii, K. P., & Dumas, I. Z. (2019). Otsinka yakosti vody u pryrodnykh dzherelakh m. Lvova. *Visnyk Lvivskoho derzhavnoho universytetu bezpeky zhyttiediialnosti*, 20, 106–109. DOI: 10.32447/20784643.20.2019.16 (in Ukrainian).
- Tarasevich, Ju. I. (1998). Fiziko-himicheskie osnovy i tehnologii primenenija prirodnyh i modifitsirovannyh sorbentov v processah ochistki vody. *Himija i tehnologija vody*, 20(1), 42–51 (in Russian).
- Vodni dzherela (2022). URL: <https://buvrzt.gov.ua/dzerele.html> (in Ukrainian).
- Vodni resursy Ukrainy. URL: <http://www.nbu.gov.ua/node/3972> (in Ukrainian).
- Zenin, A. A., & Belousova, N. V. (1988). *Gidrohimicheskij slovar'*. Gidrometeoizdat (in Russian).
- Zorina, O. V. (2019). Hihiiienichni problemy pytnoho vodopostachannia Ukrainy ta shliakhy yikh vyrishennia v umovakh yevrointehratsii: avtoref. dys. ... d- ra biol. nauk: Kyiv (in Ukrainian).