

doi.org/10.29295/2311-7257-2020-102-4-200-212

УДК 504.436:628.11

**Яковлев В. В., Дмитренко Т. В., Дядін Д. В., Вергелес Ю.І.**

*Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова,  
(вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002, Україна; e-mail: [yakovlev030157@gmail.com](mailto:yakovlev030157@gmail.com);  
[t\\_dmytrenko@ukr.net](mailto:t_dmytrenko@ukr.net); [dmdyadin@gmail.com](mailto:dmdyadin@gmail.com); [yuri\\_vergeles@hotmail.com](mailto:yuri_vergeles@hotmail.com); [orcid.org/0000-0003-2637-6594](https://orcid.org/0000-0003-2637-6594);  
[orcid.org/0000-0002-0447-644X](https://orcid.org/0000-0002-0447-644X); [orcid.org/0000-0003-3421-3592](https://orcid.org/0000-0003-3421-3592); [orcid.org/0000-0002-4915-1489](https://orcid.org/0000-0002-4915-1489))*

## **ПРОБЛЕМА ЗАБРУДНЕННЯ ВОДИ СВЯТО-ПАНТЕЛЕЙМОНІВСЬКОГО ДЖЕРЕЛА У М. ХАРКІВ І СПОСІБ ЇЇ ВИРІШЕННЯ**

Представлені результати дослідження природного джерела, яке розташоване на території Свято-Пантелеймонівської церкви, у Шевченківському районі м. Харків. Свято-Пантелеймонівське джерело протягом багатьох десятиріч користується надзвичайною популярністю у мешканців м. Харків, в той же час, його вважають одним із забруднених джерел міста. Метою дослідження було встановлення чинників, шляхів і потенціалу забруднення води Свято-Пантелеймонівського джерела, а також розробка заходів щодо практичного вирішення цієї проблеми. Наведені результати натурного обстеження, санітарного стану прилеглої до нього території та дослідження відвідуваності джерела. Вивчені гідрогеологічні умови формування Свято-Пантелеймонівського джерела, визначені можливі шляхи і джерела його забруднення. Досліджені кількісні та якісні показники води джерела, оцінено відповідність якості води нормативам для питних вод. На підставі результатів дослідження розроблено рекомендації щодо можливості подальшого використання Свято-Пантелеймонівського джерела. Показано, що використання води із артезіанської свердловини, яку пропонується облаштувати на захищений від техногенного впливу водоносний горизонт із збереженням існуючого бювету, дозволить забезпечити мешканців міста питною водою високої якості.

**Ключові слова:** Свято-Пантелеймонівське джерело, якість води, дебіт джерела, підземні води, каптаж, шляхи забруднення.

**Вступ.** Здавна в Україні для забезпечення населення питних та інших потреб використовували джерельні води. Значна кількість джерел розташована у містах України. Так, у місті Харків існує понад 20 місць виходів підземних вод на денну поверхню у вигляді облаштованих джерел з дебітом від 0,3 до 38 дм<sup>3</sup>/с. Джерелами населення користується протягом багатьох десятиріч і навіть сторіч. Оскільки джерела завжди мали популярність серед населення і їх водою користуються як питною, в усі часи будувалися і удосконалювалися каптажі й підходи до них, періодично проводиться аналіз якості води санітарною службою. В той же час із літературних джерел відомо, що якість джерельних вод у межах урбанізованої території Харкова знижується [1-3].

Роботу присвячено дослідженню природного джерела Свято-Пантелеймонівське, яке розташоване у Шевченківському районі м. Харків, на території Свято-Пантелеймонівської церкви по вул. Клочківській, у підніжжі схилу долини р. Лопань.

Свято-Пантелеймонівське джерело завжди користувалось надзвичайною популярністю у мешканців міста. Проте, його вважають одним із забруднених джерел міста. Вже у 90-ті роки минулого століття було зафіксовано суттєве хімічне і бактеріальне забруднення води [1, 2], але конкретні джерела забруднення і шляхи руху підземних вод до місця вливу їх на поверхню досі не вивчені.

Враховуючи велику популярність Свято-Пантелеймонівського джерела у харків'ян, з метою попередження шкоди для здоров'я населення і запобігання епіdemій, ситуація потребує невідкладного втручання на основі зваженого всебічного аналізу.

Тому, метою дослідження були: аналіз сучасних і ретроспективних даних щодо якісних показників води джерела, виявлення шляхів і потенціалу забруднення води джерела, а також розробка заходів щодо практичного вирішення проблеми з урахуванням популярності і перспективи використання даного джерела. Для досягнення поставленої мети авторами вирішувалися такі завдання:

– проведено натурне обстеження сучасного стану каптажної споруди, підходів до неї та відвідуваності джерела;

- вивчені гідрогеологічні умови формування джерела, розглянуті шляхи і джерела забруднення води Свято-Пантелеймонівського джерела;
- досліджені наявні дані щодо якісних показників води джерела з точки зору відповідності нормативам для питних вод;
- надана рекомендація щодо способу вирішення проблеми подальшого використання джерела.

**Матеріали і методи досліджень.** Дослідження Свято-Пантелеймонівського джерела проводилось в натурних умовах: обстежувався каптаж, його технічний і санітарний стан, ступінь захищеності підземних вод. Дебіт вимірювався за допомогою ємності фіксованого об'єму та секундоміру. З використанням портативних приладів HI-98130 та HI-98201 на місці проводили експрес-вимірювання температури води, питомої електропровідності, водневого показника, окислювально-відновного потенціалу (редокс-потенціалу). Під час кожного відвідування показники вимірювалися протягом декількох хвилин до моменту стабілізації параметрів, що вимірюються.

Польові дослідження включали обстеження навколишньої місцевості, визначення її екологічного і санітарного стану, шляхів підходу до джерела. Оцінювали техногенне навантаження у зоні живлення джерела: наявність і види промислових підприємств, характер житлової забудови, ступінь загальної забрудненості території – звалища промислового, будівельного, побутового сміття, скидання стічних вод та ін.

Для лабораторного аналізу відбиралися проби води у скляну тару ємністю 0,5 л. Лабораторний аналіз на вміст основних іонів і нітратів проводилися за стандартизованими методиками в атестованій лабораторії.

Для оцінки якості води з джерела у роботі також були використані результати аналізів води за багаторічний період спостережень, що були проведені лабораторіями КП «Харківводоканал», Харківського національного університету імені В. М. Каразіна, ТОВ «Лабораторія якості води «ПЛАЯ»», ДУ «Харківський обласний лабораторний центр Міністерства охорони здоров'я України» та ін.

Оцінку якісного складу води джерел здійснювали згідно Державних санітарних правил і норм України «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» (ДСанПіН 2.2.4-171-10) [4].

Для з'ясування сучасного стану відвідуваності джерела авторами було проведено дослідження у серпні 2020 р., яке передбачало спостереження за кількістю відвідувачів протягом не менше 3 годин у два будні дні та два вихідні дні окремо у першій та другій половині дня. Окрім кількості відвідувачів фіксувалися належність до вікової групи (візуально, орієнтовно), стать та кількість набраної води.

З метою забезпечення належної охорони та усунення можливих шляхів забруднення підземних вод, згідно з постановою Кабінету Міністрів України від 18 грудня 1998 р. №2024 «Про правовий режим зон санітарної охорони водних об'єктів» [5] встановлюються та мають підлягати режиму охорони зони санітарної охорони (ЗСО). Згідно документу організуються межі ЗСО та її окремих поясів навколо водозаборів підземних вод шляхом їх віддалення на безпечну відстань від ймовірного джерела забруднення, тим самим захищаючи його від хімічного і бактеріального (мікробного) забруднення.

У попередніх роботах авторами обґрунтовано методику визначення зон живлення і ЗСО джерельних вод на основі гідрогеологічних і топографічних карт, у тому числі визначено контури ЗСО для Свято-Пантелеймонівського джерела [1, 6]. Для оцінки екологічного стану території та умов забруднення підземних вод у зоні живлення джерела в даному дослідженні були використані результати, отримані у вказаних попередніх роботах.

**Результати досліджень та їх обговорення.** Об'єкт дослідження – Свято-Пантелеймонівського джерело розташоване в центральній частині м. Харків, по вул. Клочківській, 94, на лівому борту річки Лопань, на території Свято-Пантелеймонівської церкви. У

ландшафтному відношенні джерело приурочено до підніжжя схилу першої надзаплавної тераси, абсолютна відмітка джерела – 110 м (рис. 1).

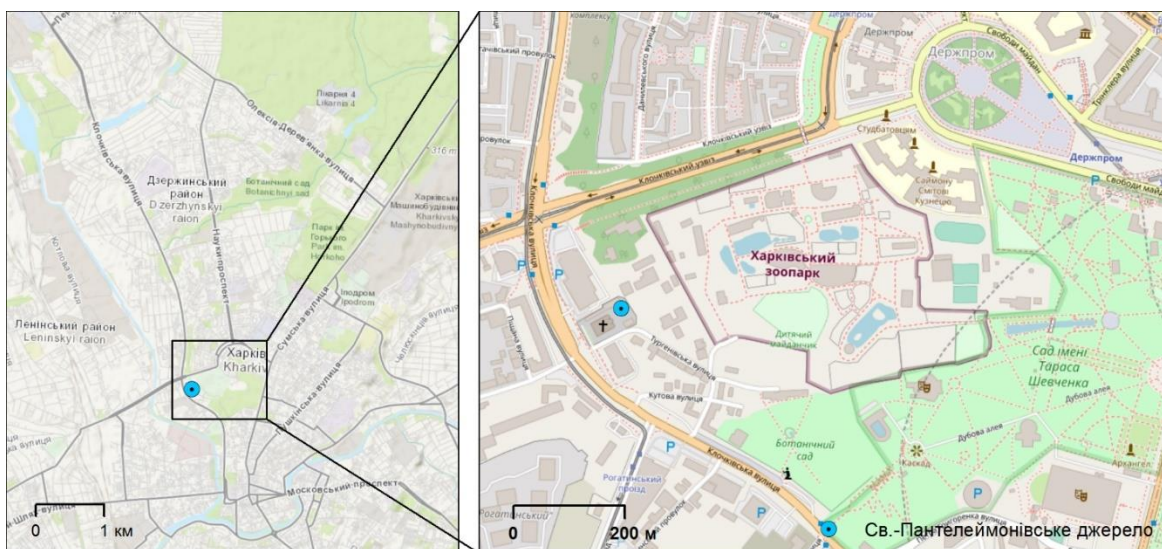


Рис. 1. Розташування Свято-Пантелеймонівського джерела на території м. Харків

Пантелеймонівське джерело приурочено до водоносного горизонту у відкладах обухівської свити палеогену, які складені алевролітами і пісковиками, і, таким чином, має подвійну пористість – міжгранулярної і тріщинуватої природи. Живлення водоносного горизонту відбувається за рахунок інфільтрації атмосферних опадів і витоків із техногенних джерел через товщі, що перекривають обухівські відклади і представлені піщаними відкладами межигірської свити та піщано-суглинистими утвореннями четвертинного віку [7] (рис. 2).

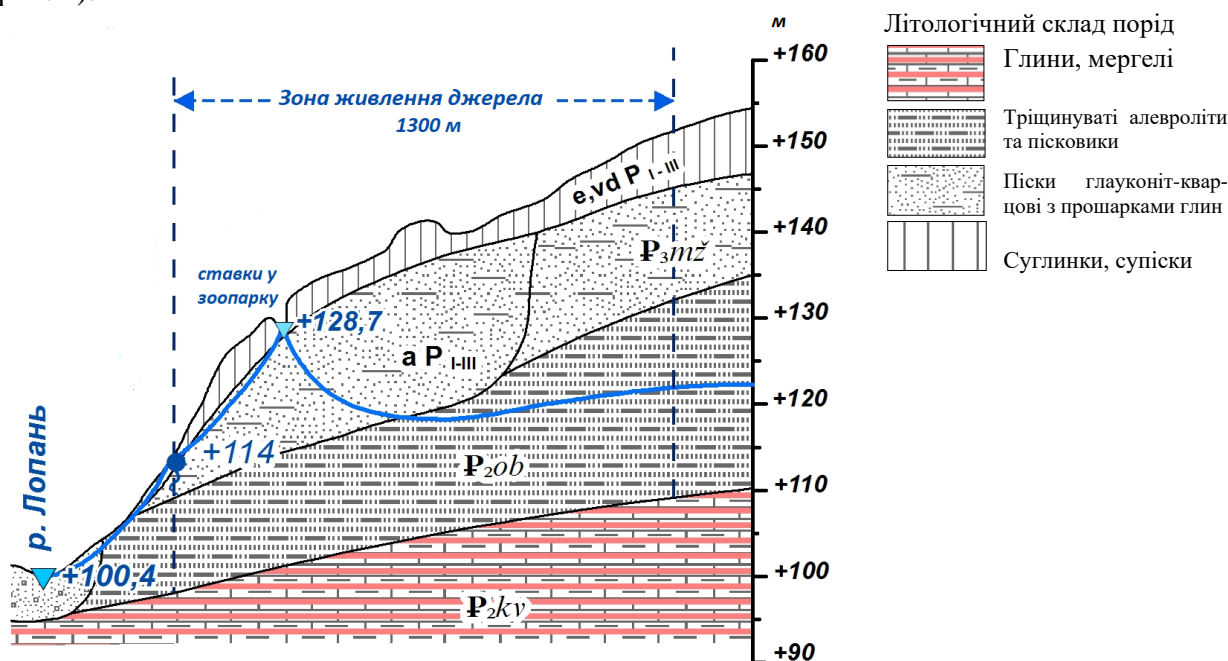


Рис. 2. Гідрогеологічний розріз ділянки розташування Свято-Пантелеймонівського джерела

Каптаж джерела складається з бетонного водоприймального колодязя, обкладеного камінням, в якому накопичується і відстоюється вода. Виток води здійснюється через металеву водопровідну трубу з трьома відводами, що забезпечує зручність набирання джерельної води. Невикористана вода відводиться дренажною канавою із встановленою на ній

зливною решіткою. Режим витоку джерела – постійний протягом року. Необладнаного витікання підземної води поблизу каптажу джерела не спостерігається.

Джерело розташоване на території одного з найстаріших храмів міста, яка добре впорядкована, обгороджена парканом, має вимощені кам'яні доріжки, на території підтримується чистота. Доступ до джерела завжди вільний, поряд знаходиться зручне місце для паркування автомобілів. Елементи рекреаційної інфраструктури, які встановлені на більшості міських джерел у Харкові, на Свято-Пантелеймонівському джерелі відсутні – немає лавок, сміттєвих баків, навісів, а також інформаційних знаків щодо якості джерельної води.

Відповідно до вимог ДержСанПіН [4] каптажі джерел мають бути обладнані пристроями водоочищення та знезараження, але досліджуване джерело такими пристроями не обладнане. Очищення і технічне обслуговування каптажу не проводиться.

**Відвідуваність джерела.** Свято-Пантелеймонівське джерело є одним із найпопулярніших у місті, чому сприяє його розташування на території церкви. Згідно результатів досліджень у 2001 р., відвідуваність джерела становила від 23 осіб/годину в робочі до 28 осіб/годину у вихідні дні [1].

Результати наших спостережень у серпні 2020 р. показали близьку до попередніх досліджень величину відвідуваності у робочі дні – в середньому 25 осіб на годину, але вищу у вихідні – 33 особи на годину в суботу та 51 особа на годину в неділю. Останнє високе значення також пояснюється з тим, що у 2020 р. на цей день припало свято – День міста.

Аналіз розподілу відвідувачів за статтю показав, що найчастіше джерело відвідують чоловіки – їхня частка становить 60–70% незалежно від днів тижня та часу доби. Це, звичайно, є зрозумілим із позицій необхідності застосування фізичної сили для перенесення набраних ємностей з водою.

У робочі дні серед відвідувачів переважали люди віком 50–60 років, у вихідні – помітно зростала частка відвідувачів середнього віку (30–40 і 40–50 років). Найменше до джерела приходять молоді (<20 і 20–30 років) та люди похилого віку (>60 років), хоча і для цих категорій помічалось зростання активності відвідування у вихідні (рис. 3).

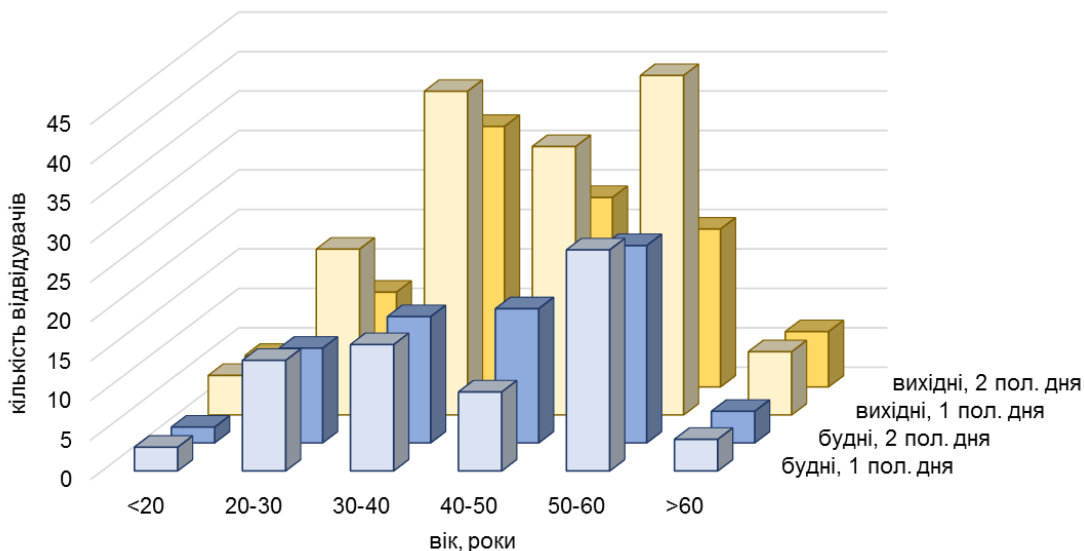


Рис. 3. Розподіл відвідувачів Свято-Пантелеймонівського джерела за віком

Відносно часу доби кількість відвідувачів у першій та другій половині дня в робочі дні майже не відрізнялася, але у вихідні помітно вища активність відвідування спостерігалась у першій половині дня майже для всіх вікових категорій.



Кількість води, що набирають з джерела відвідувачі, становила 380–390 дм<sup>3</sup>/годину в робочі дні та 560–790 дм<sup>3</sup>/годину у вихідні, тобто в суботу-неділю майже вдвічі більше (рис. 4).

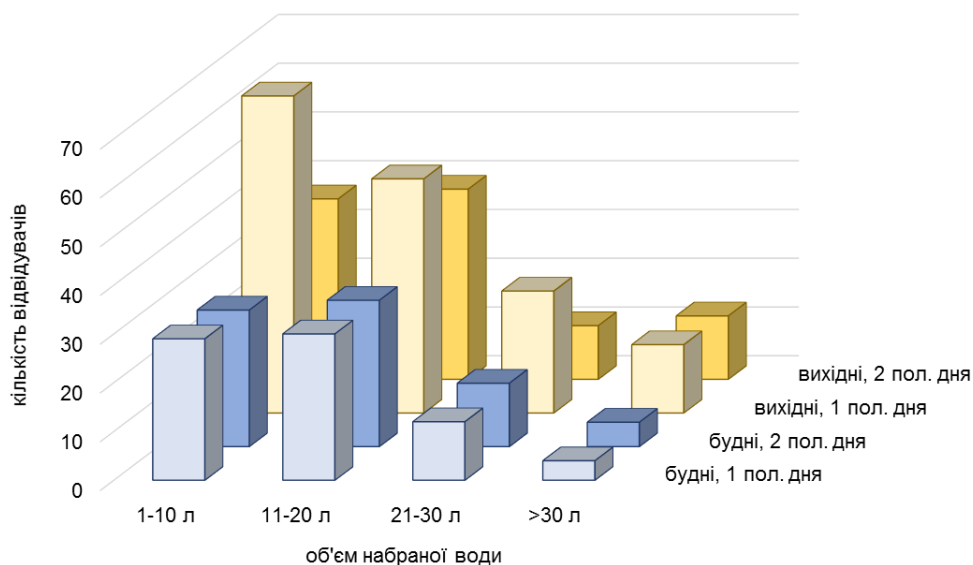


Рис. 4. Об'єми води, що набирають споживачі зі Свято-Пантелеймонівського джерела

Середній об'єм набраної води на одного відвідувача майже не відрізнявся за днями тижня та часом і становив 15–17 дм<sup>3</sup> на особу. З урахуванням величини усередненого дебіту джерела в 0,4 дм<sup>3</sup>/с (або 1440 дм<sup>3</sup>/годину), споживачами у будні забирається ~27% об'єму води, що видає джерело за 12 годин (умовно за світлий час доби), у вихідні – до 38–55%. Вода, що витікає у нічний час, становить значний резерв, який не використовується. У вихідні дні у порівнянні з робочими днями значно зростає не лише кількість відвідувачів, але й об'єми води, що вони набирають.

**Дебіт джерела та фізико-хімічні показники води.** Визначення величини дебіту проводили щомісячно у періоди липень 2016 – серпень 2017 рр., липень 2018 р. – вересень 2020 р. Під час кожного вимірювання визначали витрату води окремо з кожної з трьох водорозбірних труб та підсумовували результат.

Вимірювання витрати джерела у 2018–2020 рр. (рис. 5) показали відносно стабільні значення дебіту на рівні 0,4 дм<sup>3</sup>/с (середнє значення 25-ти щомісячних спостережень дорівнює 0,41 ± 0,04 дм<sup>3</sup>/с).

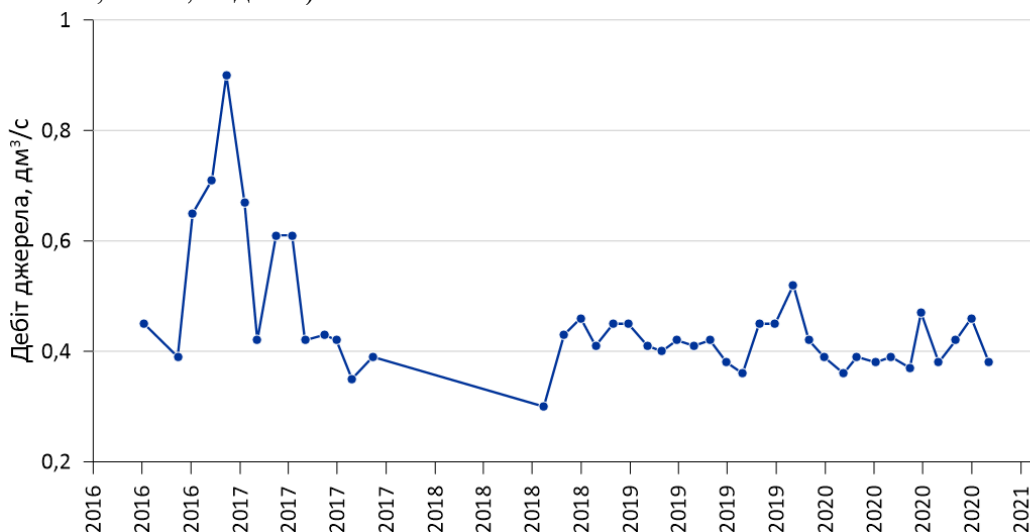


Рис. 5. Дебіт Свято-Пантелеймонівського джерела

У шести випадках 2016-2017 рр. величина витрати сягала дещо більших значень – 0,6-0,7  $\text{дм}^3/\text{с}$ , в одному випадку – 0,9  $\text{дм}^3/\text{с}$ . За даними попередніх досліджень у 2001 р. [1] витрата води у джерелі дорівнювала 0,33  $\text{дм}^3/\text{с}$ , тобто близько до поточних значень 2018- 2020 рр.

Результати спостережень за температурою води джерела показують, що середньорічна температура води становить 12,5-12,8 $^{\circ}\text{C}$ . Річний температурний хід виявляє слабку, але помітну залежність від сезону, що, очевидно, пов'язане зі впливом каптажних споруд – вода у приймальному колодязі та водорозбірних трубах встигає змінити температуру на 1-2 градуси відповідно температурі атмосферного повітря. Розмах температурних коливань протягом року становить 2,5-2,6 $^{\circ}\text{C}$  – від 11,2-11,6 $^{\circ}\text{C}$  у січні до 13,6-14,2 $^{\circ}\text{C}$  у червні (рис. 6).

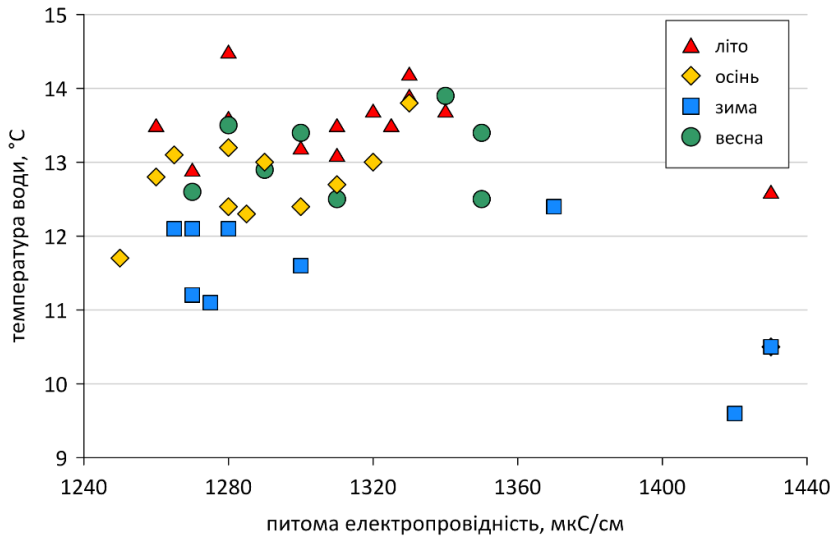


Рис. 6. Температура і питома електропровідність води Свято-Пантелеймонівського джерела

Питома електропровідність води з джерела становить в середньому  $1310 \pm 50$  мкС/см, тобто є доволі стабільною у часі і не виявляє сезонних коливань. Водневий показник також має відносно стабільну величину, яка дорівнює  $7,34 \pm 0,4$  одиниць і відповідає нейтральному діапазону. Окислювально-відновний потенціал характеризувався відносно нестійкими у часі значеннями – від +70 до +300 мВ, що свідчить про окислювальну геохімічну обстановку, сприятливу для міграції розчинених форм металів у вищому ступені валентності ( $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Pb}^{4+}$  та ін.).

**Сольовий склад джерельної води.** Свято-Пантелеймонівське джерело є зоною розвантаження обухівського водоносного горизонту, розвинутого в еоценових тріщинуватих пісковиках і алевролітах морського походження [7]. Формування хімічного складу підземних вод даного горизонту має досить складний характер, що пов'язано з особливостями розчинного комплексу водовмісних порід, сформованих у морських умовах. За макрокомпонентним складом вода джерела належить до сульфатно-гідрокарбонатного кальцієвого типу, який практично не змінюється у часі (рис. 7).

Середня багаторічна величина мінералізації води становить  $1040 \pm 80$  мг/дм $^3$ , а загальна жорсткість (сумарний вміст іонів  $\text{Ca}^{2+}$  і  $\text{Mg}^{2+}$ ) сягає 10,2 мг-екв/дм $^3$ , тобто на межі гранично-допустимого значення 10 мг-екв/дм $^3$ , встановленого для питної води з каптажів джерел [4]. Вміст та співвідношення основних іонів у складі води з джерела з часом змінюється неістотно (рис. 8), але іноді спостерігаються доволі суттєві флуктуації, які можуть бути пов'язані з коливаннями як у природному, так і техногенному живленні.

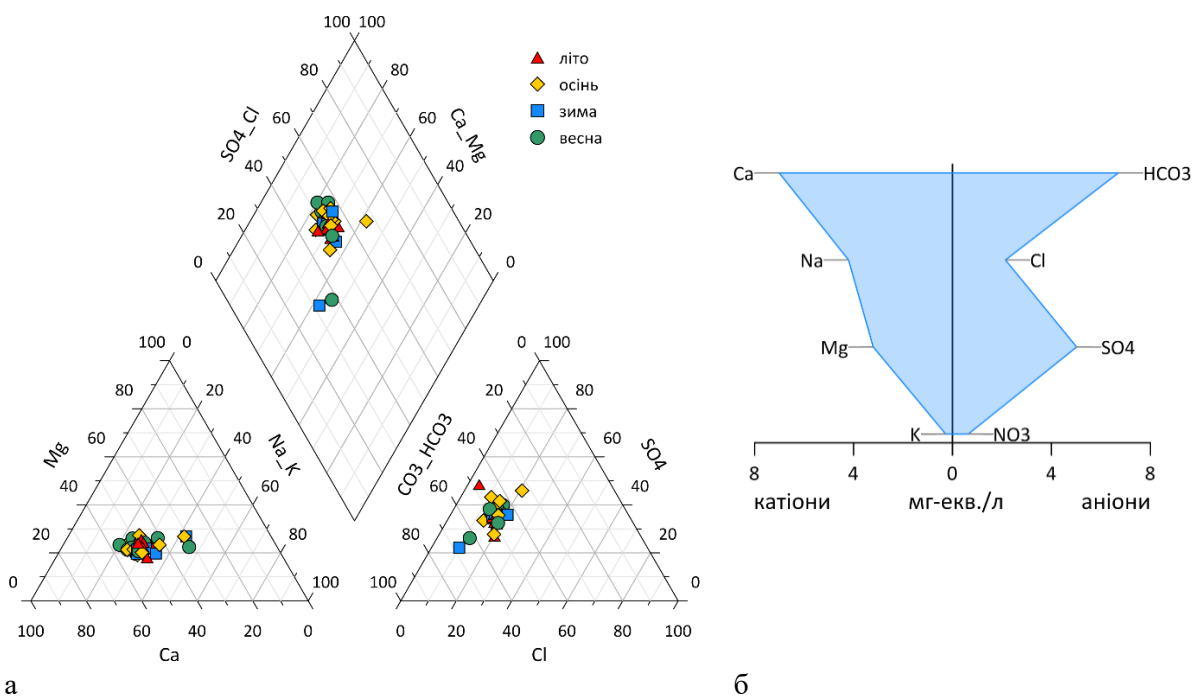


Рис. 7. Хімічний склад проб води зі Свято-Пантелеймонівського джерела з розподілом по сезонах (а) та усереднений склад джерельної води за всі роки спостережень (б)

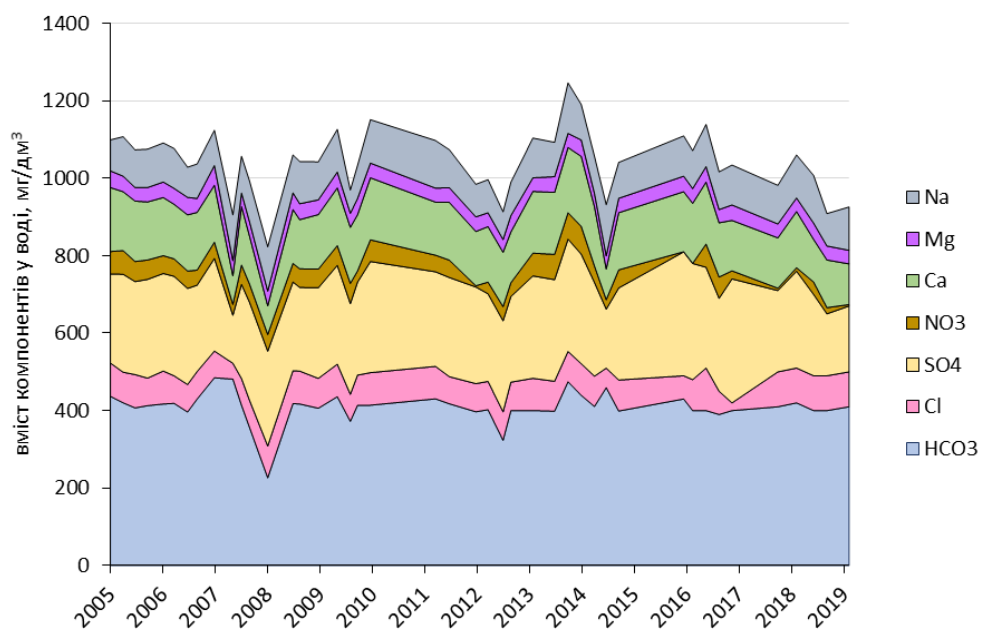


Рис. 8. Зміни іонного складу води Свято-Пантелеймонівського джерела у часі

Отже, за вмістом хлоридів, сульфатів і величиною мінералізації вода з джерела відповідає вимогам, встановленим для питних вод із каптажів джерел. Загальна жорсткість води перебуває на межі гранично допустимого значення, але це може бути усунуто простим кип'ятінням води. У той же час, підвищений вміст нітратів, притаманний воді цього джерела, здатний чинити небезпечний вплив на здоров'я людей, особливо немовлят віком до 1 року.

Багаторічні спостереження показують, що вміст нітратів у воді Свято-Пантелеймонівського джерела істотно коливався у часі і постійно перевищував фоновий природний вміст, який приймається на рівні 3,0 мг/дм<sup>3</sup> [3] (рис. 9).

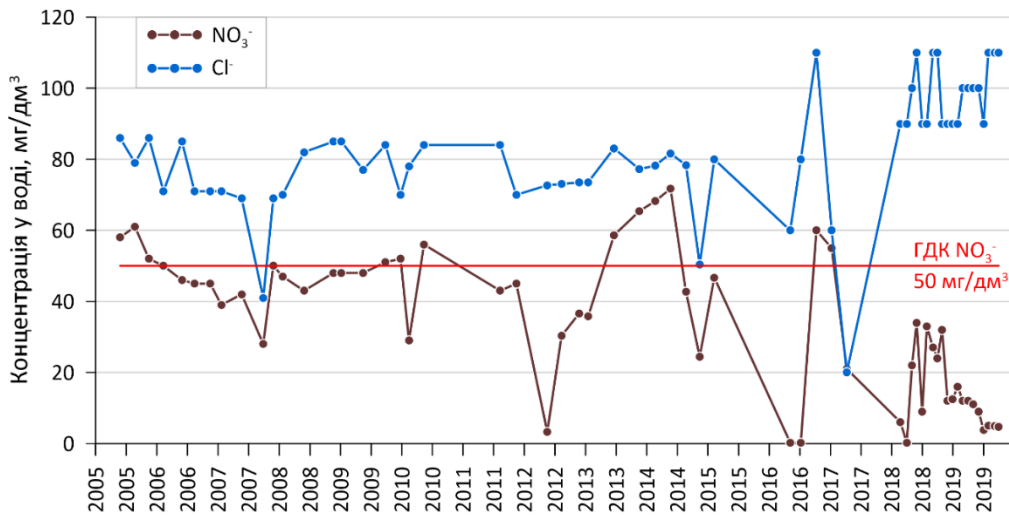


Рис. 9. Вміст нітратів і хлоридів у воді Свято-Пантелеймонівського джерела

Із 58 проб, проаналізованих за період з 2005 по 2019 роки, у 12 випадках (або 21%) фіксувалося перевищення гранично допустимої концентрації  $50 \text{ мг/дм}^3$  [4]. Максимальні значення вмісту нітратів сягали  $58\text{-}62 \text{ мг/дм}^3$  у 2005-2006 рр.,  $51\text{-}56 \text{ мг/дм}^3$  у 2010 р.,  $57\text{-}72 \text{ мг/дм}^3$  у 2013-2014 рр.,  $55\text{-}60 \text{ мг/дм}^3$  у 2017 р.

До 2018 р. середній вміст нітратів у джерельній воді становив  $44 \text{ мг/дм}^3$ , але у 2018 р. відбулося помітне зниження вмісту нітратів у воді до середніх значень  $14,5 \text{ мг/дм}^3$ , що вказує на зміни у джерелах надходження забруднювальних речовин до водоносного горизонту.

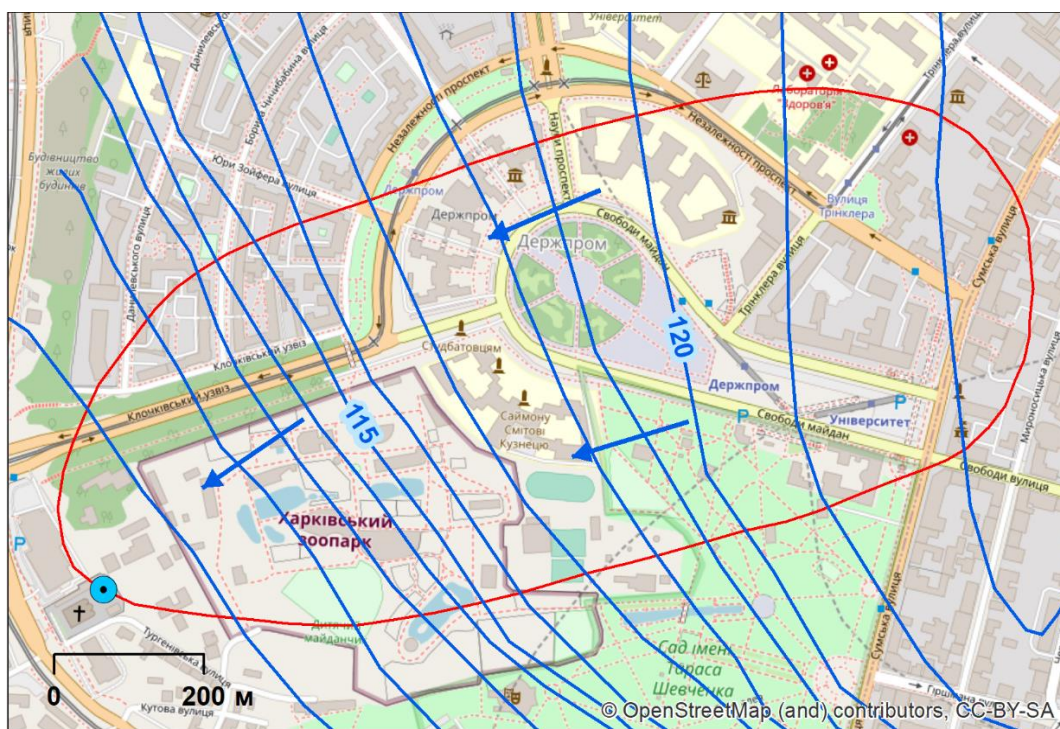
Вміст хлоридів у воді Свято-Пантелеймонівського джерела має схожий із нітратами характер коливань за період спостережень (див. рис. 9). Проте, на відміну від вмісту нітратів, концентрації хлоридів ( $50,4\text{-}110 \text{ мг/дм}^3$ ) за період спостережень із 2005 по 2019 рр. відповідають санітарним нормативам [4]. Вміст сульфатів у воді джерела і значення сухого залишку на цей час також відповідають встановленим нормативам і не перевищують ГДК. Загальна жорсткість води протягом 2005-2019 рр. коливається від 7 до  $12 \text{ ммоль/дм}^3$ , перебуваючи на межі гранично допустимого значення в  $10 \text{ ммоль/дм}^3$  для каптажів джерел.

**Джерела та шляхи забруднення джерельної води.** Обухівський водоносний горизонт, до якого приурочено досліджуване джерело, розвинений на вододільній місцевості у міжріччі Лопані та Харкова та розвантажується у підніжжя крутосхилів у річкових долинах. Згідно гідрогеологічних розрахунків зон санітарної охорони, проведених у попередніх дослідженнях [1], зона живлення джерела простягається вгору за схилом від точки вливу води до лінії вододілу на відстань до 1300 м. До цієї зони потрапляють Харківський зоопарк, Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, частина Саду ім. Т. Г. Шевченка, площа Свободи та багатоповерхова забудова навколо неї (рис. 10).

Оскільки основною забруднювальною речовиною для Свято-Пантелеймонівського джерела виступають нітрати, необхідно визначити – звідки та яким чином виникає нітратне забруднення на цій ділянці водоносного горизонту.

Найбільш поширеним джерелом надходження нітратів у підземні води міст є витіки з несправних каналізаційних систем, утворення фільтрату з місць накопичення відходів життєдіяльності тварин та ділянок використання органічних добрив [8-11]. На урбанізованих територіях, як правило, функціонує централізоване водовідведення з більшим чи меншим ступенем гідроізоляції, що значно знижує ризики забруднення стоками підземних вод, на відміну від сільської місцевості, де використовують вигрібні ями з недостатньою або взагалі відсутньою гідроізоляцією [10]. На території міста Харків система централізованої каналізації має переважно самопливну конструкцію, частина її прокладена на значних глибинах – до 40 м, що місцями глибше шляхів живлення джерел [12].





● Свято-Пантелеймонівське джерело — гідроізогіпси обухівського горизонту

□ зона живлення джерела

← напрямки потоку підземних вод

Рис. 10. Зона живлення Свято-Пантелеймонівського джерела і напрямки руху підземних вод

Результати досліджень якості води з інших джерел Харкова, розташованих у міській забудові, свідчать, що проблема нітратного забруднення підземних вод, як правило, не розвивається на території міста. Але, вода Свято-Пантелеймонівського джерела має вміст нітратів помітно більший, ніж в інших джерелах м. Харків (для інших джерел вміст нітратів у воді становить від 9,1 до 46,5 мг/дм<sup>3</sup> [13]. Найбільш вірогідним джерелом надходження нітратів у значній кількості у підземні води є стоки з території Харківського зоопарку, який розташований вище за рельєфом у зоні живлення Свято-Пантелеймонівського джерела. Хімічне і бактеріальне забруднення підземних вод із високою вірогідністю пов'язане з місцями накопичення органічної речовини: гній у вольєрах, залишки їжі, поховані тварини, пересичені органікою мулові відклади у ставках із птахами [9]. Результати аналізів бактеріального складу води з джерела також підтверджують зв'язок із органічним забрудненням – спостерігається періодичне перевищення допустимого значення за колі-індексом за санітарно-епідеміологічної служби.

На користь того, що основним джерелом забруднення води виступає зоопарк, свідчить помітне зниження концентрації нітратів у воді з джерела після закриття зоопарку на реконструкцію влітку 2016 р. (рис. 8). Взимку та навесні 2017 р. у воді ще фіксувалися високі концентрації нітратів – 55-60 мг/дм<sup>3</sup>, але у 2018 р. середній вміст NO<sub>3</sub><sup>-</sup> становив близько 20 мг/дм<sup>3</sup>, а у 2019 – вже 14,7 мг/дм<sup>3</sup>, тобто наразі наявна позитивна тенденція до поступового самоочищення води.

Необхідно зауважити, що нітрати є трасерами, які вказують на можливість надходження значного спектру супутніх техногенних забрудників [9, 11, 13]. Наприклад, із сечею тварин зоопарку в ґрунтові води можуть потрапляти лікарські препарати та їх метаболіти [14]. Крім того, у зоопарку використовується великий перелік миючих речовин, дезінфектантів, хімічних добрив для рослин, пестицидів, які в складі фільтрату можуть також швидко надходити до каптажу джерела.

Відомо, що в умовах зони активного водообміну в першому від поверхні водоносному горизонті, завдяки життєдіяльності бактерій-денітрифікаторів, вміст нітратів поступово зменшується. Термін виживання патогенних мікроорганізмів у складі підземної води також є обмеженим. Але у даному випадку ми припускаємо, що можливим фактором прискорення міграції забруднених вод до джерела є наявність порожнин – підземних ходів, які були споруджені у 18-му столітті під Харківською фортецею [15].

Підземні коридори, розташовані під колишньою Харківською фортецею, споруджені в напрямку від високих відміток на вододілі до рівня низьких схилів і заплаव. У цьому ж напрямку від вододілів до річки відбувається стік підземних вод обухівського водоносного горизонту, який розвантажується у вигляді джерел. На початку ХХ століття підземні ходи частково або повністю заповнювалися продуктами розмиву верхніх товщ і несли сліди періодичних затоплень. Сучасні дослідження вказують на можливе обводнення раніше сухих шарів і формування техногенних водоносних горизонтів за рахунок витоків з водогонів і у даному випадку – штучних озер зоопарку [15]. Підземні ходи також використовували під час реконструкції тепломереж та міських каналізаційних систем. Тому в деяких тунелях прокладені трубопроводи, течуть стічні й зливові води. Сухі підземні ходи і пустоти використовували для господарського призначення до того часу, коли ґрунтові води їх обводнили і частково вони стали дренами, тобто – каналами підземного пришвидшеного стоку забруднених ґрунтових вод.

Історичні літературні джерела свідчать, що на території потенційного живлення Свято-Пантелеймонівського джерела раніше також виникали фактори несприятливого впливу на якісний склад джерельної води. Протягом 18–19 століть площа Свободи, що розташована вище за рельєфом на вододільному просторі, була кладовищем і великим звалищем на околиці Харкова. Відомо, що у роки Другої світової війни на місці частини Саду Шевченка було влаштовано військове кладовище.

У теперішній час додатковим джерелом потенційного негативного впливу може виступати змивання з доріг та подальша інфільтрація забруднених талих і дощових вод, у складі яких присутні завислі речовини, нафтопродукти, феноли, продукти стирання автомобільних шин тощо.

Враховуючи тривалість процесів надходження забруднювальних речовин із різних джерел, високу депонуючу здатність гірських порід та відносно повільні темпи водообміну, можна достатньо впевнено стверджувати, що вода Свято-Пантелеймонівського джерела, нажаль, ще довгий час може залишатися забрудненою нітратами й іншими техногенних речовинами. Не зважаючи на значення цього джерела для водокористувачів, рекомендувати його для подальшого використання у питних цілях не можна. Очистка води від техногенних забруднень у таких умовах також є недоцільною, оскільки перелік потенційних забруднювальних речовин великий і з часом може мінятися [16].

Беручи до уваги велику популярність Свято-Пантелеймонівського джерела серед вірян і мешканців міста, найбільш доцільним ми вважаємо використання для існуючого бювету води з артезіанської свердловини, облаштованої на захищений від техногенного впливу глибокий водоносний горизонт. Таким захищеним горизонтом із кондиційною водою питної якості у даному місці є альб-сеноманський, який залягає на глибині близько 650 м. Його вода потребує тільки видалення природно обумовленого понаднормативного вмісту заліза, що є технологічно простим завданням. П'єзометричний рівень води альб-сеноманського водоносного горизонту на даний час знаходиться на глибині 50-55 м, і підйом води у бювет можна здійснювати за допомогою малодобітного занурювального насосу, що також є технічно нескладним рішенням. Облаштування такого джерела води для бювету не потребує створення 2-го і 3-го поясів зони санітарної охорони – достатньо зони суворого режиму з мінімальним радіусом 15 м.

Щодо води джерела, то її можна використовувати суто для технічних цілей у міському господарстві – для потреб зрошення насаджень, миття вулиць, обладнання, охолодження, пожежогасіння, влаштування зимових катків, господарських потреб тощо.

### Висновки

1. Вода Свято-Пантелеймонівського джерела у м. Харків тривалий час зазнає техногенного забруднення нітратами і потенційно іншими токсичними речовинами, а також періодично – бактеріально забруднена. Основним ймовірним джерелом забруднення джерельної води виступає Харківський зоопарк, на території якого накопичується органічна речовина у вигляді відходів різного походження. Хімічний аналіз води з джерела показує, що з 2018 року після закриття зоопарку на реконструкцію спостерігається певне зниження вмісту нітратів, проте процеси самоочищення можуть тривати роками.

2. Ситуація, що складається з якісним складом води з джерела, потребує невідкладного втручання, адже щоденно джерело відвідує 25–50 осіб на годину. Особливо великі ризики для здоров'я виникають для немовлят, які вкрай уразливі до підвищеного вмісту нітратів у питній воді.

3. Улаштування системи очищення води на джерелі є недоцільним, зважаючи на складність видалення нітратів та потенційну наявність інших токсичних речовин у складі підземних вод під впливом забудованої території та зоопарку в зоні живлення джерела.

3. Враховуючи традиційну популярність Свято-Пантелеймонівського джерела серед мешканців міста, які використовують його воду для питних цілей, доцільним є збереження бювету з живленням його з артезіанської свердловини, облаштованої на захищений від техногенного впливу водоносний горизонт альб-сеноманських відкладів на глибині 650 м. Воду наявного джерела доцільно відвести та використовувати для технічних цілей у міському господарстві.

Дослідження проведені у рамках бюджетної науково-дослідної роботи 53-71/18 «Підвищення безпеки питного водопостачання населення Східної України в умовах надзвичайних ситуацій шляхом використання джерельних вод» за підтримки Міністерства освіти та науки України.

### ЛІТЕРАТУРА:

1. Дмитренко Т. В., Яковлев В. В., Костенко Н. В. Экологические аспекты использования родниковых вод урбанизированных территорий для питьевого водоснабжения (на примере г. Харькова). *Науковий вісник будівництва*. 2003. № 21. С. 209-224.
2. Чистикова А. В., Выставная Ю. Ю., Яковлев В. В., Мацюк С. А., Горшкова Е. А. К вопросу качества воды родников, формирующихся в городской экосистеме г. Харькова. *Науковий вісник будівництва*. 2015. №2 (80). С. 190-196.
3. Yakovlev V., Vystavna Y., Diadin D., Vergelès Y. Nitrates in springs and rivers of East Ukraine: *Distribution, contamination and fluxes. Applied Geochemistry*. 2015. Vol. 53. P. 71-78. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0883292714003084>
4. Державні санітарні правила і норми України 2.2.4.171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною»: затв. наказом М-ва здоров'я України від 12.05.2010 р. № 400
5. Про правовий режим зон санітарної охорони водних об'єктів (Постанова від 18 грудня 1998 р. № 2024, Київ). URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2024-98-%D0%BF>.
6. Яковлев В.В., Дядін Д.В., Дмитренко Т.В., Вергелес Ю.І., Борщ М.С. До методики визначення області формування джерельних вод. *Науковий вісник будівництва*. 2019. № 4 (98). С. 277-283.
7. *Державна геологічна карта України*. Масштаб 1:200 000. Серія: Дніпровсько-Донецька. Аркуші: М-37-ХІІІ (Белгород), М-37-ХІХ (Харків). Київ: Міністерство охорони навколишнього природного середовища України, Казенне підприємство «Південукргеологія», 2007. 171 с.
8. Fennell Ch., Misstear B., O'Connell D., Dubber D., Behan P., Danaher M., Moloney M., Gill L. An assessment of contamination fingerprinting techniques for determining the impact of domestic wastewater treatment systems on private well supplies. *Environmental Pollution*, 2021. Vol. 268. Part B. 115687. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115687>.



9. Tam Vu Thanh, Nga Tran Thi Viet. Assessment of urbanization impact on groundwater resources in Hanoi, Vietnam. *Journal of Environmental Management*, 2018. Vol. 227. Pp. 107- 116. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.08.087>.
  10. Liu J., Peng Y., Li Ch., Gao Z., Chen Sh. Characterization of the hydrochemistry of water resources of the Weibei Plain, Northern China, as well as an assessment of the risk of high groundwater nitrate levels to human health. *Environmental Pollution*, 2021. Vol. 268. Part B. 115947. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115947>.
  11. Carrey R., Ballesté E., Blanch A.R., Lucena F., Pons P., López J.M., Rull M., Solà J., Micola N., Fraile J., Garrido T., Munné A., Soler A., Otero N. Combining multi-isotopic and molecular source tracking methods to identify nitrate pollution sources in surface and groundwater. *Water Research*, 2021. Vol. 188. 116537. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.116537>.
  12. Абрамович И. А. *Канализация города Харькова (1912–1980 гг.). Опыт проектирования и строительства*. Харьков: Основа, 1997. 220 с.
  13. Vystavna Y., Schmidt S., Diadin D., Rossi P., Vergeles Y., Erostate M., Yermakovych I., Yakovlev V., Knoller K., Vadillo I. Multi-tracing of recharge seasonality and contamination in groundwater: a tool for urban water resource management. *Water Research*. 2019. 161. P. 413-422. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.06.028>
  14. Sui Q., Cao X., Lu Sh., Zhao W., Qiu Zh., Yu G. Occurrence, sources and fate of pharmaceuticals and personal care products in the groundwater: A review. *Emerging Contaminants*, 2015. Vol. 1. Issue 1. P. 14-24. <https://doi.org/10.1016/j.emcon.2015.07.001>.
  15. Мачулин Л. И. *Тайны подземного Харькова*. Харьков: ООО «Фактор-Друк». 2005. 208 с.
  16. Guimarães, L., Guilhermino, L., Afonso, M.J. et al. Assessment of urban groundwater: towards integrated hydrogeological and effects-based monitoring. *Sustainable Water Resources Management*, 2019. Vol. 5, P. 217-233. <https://doi.org/10.1007/s40899-019-00301-w>
- REFERENCES:
1. Dmitrenko T. V., Yakovlev V. V., Kostenko N. V. Ehkologicheskie aspekty ispol'zovaniya rodnikovykh vod urbanizirovannykh territorij dlya pit'evogo vodosnabzheniya (na primere g. Khar'kova). *Naukovij visnik budivnictva*. 2003. № 21. S. 209-224.
  2. Chistikova A. V., Vystavnaya YU. YU., Yakovlev V. V., Macyuk S. A., Gorshkova E. A. K voprosu kachestva vody rodnikov, formiruyushchikhsya v gorodskoj ehkosisysteme g. Khar'kova. *Naukovij visnik budivnictva*. 2015. №2 (80). С. 190-196.
  3. Yakovlev V., Vystavna Y., Diadin D., Vergeles Y. Nitrates in springs and rivers of East Ukraine: Distribution, contamination and fluxes. *Applied Geochemistry*. 2015. Vol. 53. P. 71-78. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0883292714003084>
  4. Derzhavni sanitarni pravila i normi Ukraïni 2.2.4.171-10 «Gigienichni vimogi do vodi pitnoi, priznachenoï dlya spozhivannya lyudinoYU»: zatv. nakazom M-va zdoroV'ya Ukraïni vid 12.05.2010 r. № 400.
  5. Pro pravovij rezhim zon sanitarnoï okhoroni vodnikh ob'ektiv (Postanova vid 18 grudnya 1998 r. № 2024, Kiiïv). URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2024-98-%D0%BF..>
  6. Yakovlev V.V., Dyadin D.V., Dmitrenko T.V., Vergeles YU.I., Borshch M.S. Do metodiki viznachennya oblasti formuvannya dzhherel'nikh vod. *Naukovij visnik budivnictva*. 2019. № 4 (98). С. 277-283.
  7. *Derzhavna geologichna karta Ukraïni*. Masshtab 1:200 000. Seriya: Dniprovs'ko-Donec'ka. Arkushi: M-37-KHIII (Belgorod), M-37-KH1KH (Kharkiv). Kiiïv: Ministerstvo okhoroni navkolishn'ogo prirodного seredovishcha Ukraïni, Kazenne pidpriemstvo «Pivdenukr-geologiya», 2007. 171 с.
  8. Fennell Ch., Misstear B., O'Connell D., Dubber D., Behan P., Danaher M., Moloney M., Gill L. An assessment of contamination fingerprinting techniques for determining the impact of domestic wastewater treatment systems on private well supplies. *Environmental Pollution*, 2021. Vol. 268. Part B. 115687. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115687>.
  9. Tam Vu Thanh, Nga Tran Thi Viet. Assessment of urbanization impact on groundwater resources in Hanoi, Vietnam. *Journal of Environmental Management*, 2018. Vol. 227. Pp. 107-116. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.08.087>.
  10. Liu J., Peng Y., Li Ch., Gao Z., Chen Sh. Characterization of the hydrochemistry of water resources of the Weibei Plain, Northern China, as well as an assessment of the risk of high groundwater nitrate levels to human health. *Environmental Pollution*, 2021. Vol. 268. Part B. 115947. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115947>.
  11. Carrey R., Ballesté E., Blanch A.R., Lucena F., Pons P., López J.M., Rull M., Solà J., Micola N., Fraile J., Garrido T., Munné A., Soler A., Otero N. Combining multi-isotopic and molecular source tracking methods to identify nitrate pollution sources in surface and groundwater. *Water Research*, 2021. Vol. 188. 116537. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.116537>.

12. Abramovich I. A. *Kanalizaciya goroda Khar'kova (1912–1980 gg.). Opyt proektirovaniya i stroitel'stva*. Khar'kov: Osnova, 1997. 220 c.
13. Vystavna Y., Schmidt S., Diadin D., Rossi P., Vergeles Y., Erostate M., Yermakovych I., Yakovlev V., Knoller K., Vadillo I. Multi-tracing of recharge seasonality and contamination in groundwater: a tool for urban water resource management. *Water Research*. 2019. 161. P. 413-422. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.06.028>
14. Sui Q., Cao X., Lu Sh., Zhao W., Qiu Zh., Yu G. Occurrence, sources and fate of pharmaceuticals and personal care products in the groundwater: A review. *Emerging Contaminants*, 2015. Vol. 1. Issue 1. P. 14-24. <https://doi.org/10.1016/j.emcon.2015.07.001>.
15. Machulin L. I. *Tajny podzemnogo Khar'kova*. Khar'kov: OOO «Faktor-DruK». 2005. 208 c.
16. Guimarães, L., Guilhermino, L., Afonso, M.J. et al. Assessment of urban groundwater: towards integrated hydrogeological and effects-based monitoring. *Sustainable Water Resources Management*, 2019. Vol. 5, P. 217-233. <https://doi.org/10.1007/s40899-019-00301-w>

**Yakovlev V., Dmytrenko T., Diadin D., Vergeles Yu. THE PROBLEM OF GROUNDWATER POLLUTION IN THE ST. PANTELEIMONIVSKY SPRING, THE CITY OF KHARKIV, AND THE WAYS TO SOLVE IT.** The results of investigating an urban groundwater spring in the city of Kharkiv have been presented. The Svyato-Panteleimonivsky ('Saint-Panteleimon') spring named after the Orthodox Church of the same name has been extremely popular among urban people for many decades. At the same time, it is considered one of the heavily contaminated springs in the city. The aim of the research is to determine the sources and pathways of water pollution of the Svyato-Panteleimonivsky spring, as well as to propose a practical solution to this problem. The results of the field survey of the spring, the sanitary state of the adjacent territory and attendance rate of the spring have been considered. The hydrogeological conditions of the Svyato-Panteleimonivsky spring have been studied, and possible ways and sources of its pollution have been identified. Quantitative and qualitative parameters of the spring water have been assessed from the point of water quality compliance with the state standards for drinking water. Based on the results of the study, recommendations on the feasibility and safety of the Svyato-Panteleimonivsky spring use have been developed. It was found that further use of the contaminated water from the spring may be neither feasible nor safe for humans. The water use from an artesian well has been proposed instead in order to replace convenient water use from the groundwater spring. The artesian well may be arranged on the aquifer protected from technogenic impacts with the preservation of existing pump. Such a measure will provide urban residents with high quality drinking water alongside with preservation of historical and cultural heritage.

**Key words:** Svyato-Panteleimonivsky spring, water quality, debit of spring, groundwater, spring catchment, ways of pollution.

[doi.org/10.29295/2311-7257-2020-102-4-212-217](https://doi.org/10.29295/2311-7257-2020-102-4-212-217)

УДК 691.5-047.37:551.510.42

**Пономарьов К. С., Пономарьова С. Д., Юрченко В. О., Строгіна Т. С.**

*Харківський національний університет будівництва та архітектури*

*(вул. Сумська, 40, м. Харків, 61002, Україна; E-mail: [bjeknuca@gmail.com](mailto:bjeknuca@gmail.com); [orcid.org/0000-0001-7123-710](https://orcid.org/0000-0001-7123-710), [orcid.org/0000-0002-2832-0802](https://orcid.org/0000-0002-2832-0802), [orcid.org/0000-0002-6062-9033](https://orcid.org/0000-0002-6062-9033), [orcid.org/0000-0002-2166-8275](https://orcid.org/0000-0002-2166-8275))*

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ДИСПЕРСНОГО СКЛАДУ ПИЛУ ПІДПРИЄМСТВ З ВИРОБНИЦТВА СУХИХ БУДІВЕЛЬНИХ СУМІШЕЙ**

Розглянуто проблему забруднення атмосферного повітря дрібнодисперсним екологічно небезпечним пилом підприємств з виробництва сухих будівельних сумішей з розміром частинок до 10 мкм. Метою наукової роботи є дослідження дисперсного складу та фізичних властивостей пилу цементу і затирки, що не уловлюється встановленим пилоочисним обладнанням. Досліджено дисперсний склад двох видів пилу сухих будівельних сумішей (цементу та затирки) що викидаються в атмосферне повітря після пилоочисного обладнання. Встановлено характеристики, необхідні для оцінки екологічної обстановки в умовах викиду найбільш небезпечних частинок розміром до 10 мкм (математичного моделювання розсіювання таких частинок в атмосферному повітрі, оцінки рівня екологічної небезпеки та ідентифікації частинок, що забруднюють викиди, а також ідентифікації джерел викидів) і забезпечення ефективного захисту атмосферного повітря від цього виду забруднення (ефективності роботи пилоочисного обладнання з уловлювання дрібнодисперсних частинок, підбору пилоочисного обладнання). Визначено, що пил цементу та затирки, які надходять у атмосферне повітря після пилоочисного обладнання, переважають частинки з розміром до 2,5 мкм.

**Ключові слова:** дрібнодисперсний пил, виробництво сухих будівельних сумішей, дисперсний склад пилу, пилоочисне обладнання, цемент.