

УДК 556.3, 556.114

**ОСОБЛИВОСТІ ХІМІЧНОГО СКЛАДУ ПІДЗЕМНИХ ВОД
НАЦІОНАЛЬНОГО ЗАПОВІДНИКА
«КИЄВО-ПЕЧЕРСЬКА ЛАВРА»**

**Драмарецький Є.О.^{1,2}, Ярошенко К.К.¹, Саприкін В.Ю.^{3,4},
Колябіна І.Л.¹, Черевко І.А.³**

¹ *Інститут геологічних наук Національної академії наук України, Київ,
Україна, yark.nasu@gmail.com*

² *Національний технічний університет України «Київський
політехнічний інститут ім. І. Сікорського», Київ, Україна*

³ *Національний заповідник «Києво-Печерська Лавра», Київ, Україна*

⁴ *Державна установа «Науково-інженерний центр
радіогідроекологічних полігонних досліджень
Національної академії наук України, Київ, Україна*

Проаналізовано дані щодо хімічного складу зразків ґрунтових вод вісімнадцяти спостережних свердловин, відібраних у 2025 році на території Національного заповідника «Києво-Печерська Лавра». Встановлено перевищення норм ряду показників хімічного складу аналізованих зразків води. Величини рН підземних вод знаходяться в межах норми або дуже близькі до неї. Визначено гідрохімічний тип вод зі свердловин, який є різноманітним з домінуванням різних катіонів та аніонів, а також змішаного типу.

Ключові слова: підземні води, хімічний склад, моніторинг, Національний заповідник «Києво-Печерська Лавра».

**FEATURES OF THE CHEMICAL COMPOSITION OF
GROUNDWATER IN THE NATIONAL RESERVE
«KYIV-PECHERSK LAVRA»**

**Dramaretskyi Ye.O.^{1,2}, Yaroshenko K.K.¹, Saprykin V.Yu.^{3,4},
Koliabina I.L.¹, Cherevko I.A.³**

¹ *Institute of Geological Sciences of National Academy of Sciences of
Ukraine, Kyiv, Ukraine, yark.nasu@gmail.com*

² *National Technic University of Ukraine “I. Sikorsky Kyiv Polytechnic
Institute”, Kyiv, Ukraine*

³ *National Reserve “Kyiv-Pechersk Lavra”, Kyiv, Ukraine*

⁴ *State Institution “Radioenvironmental Centre of National Academy of
Sciences of Ukraine”, Kyiv, Ukraine*

Data were analyzed on the chemical composition of groundwater samples from eighteen observation wells collected in 2025 on the territory of the National Reserve “Kyiv-Pechersk Lavra”. It was established that a number of chemical composition indicators exceeded the norms in the analyzed water samples. The pH values of groundwater are within normal limits or very close to them. The hydrochemical type of waters from wells was been determined to be diverse, with a predominance of various cations, anions and mixed type.

Keywords: groundwater, chemical composition, monitoring, National Reserve “Kyiv-Pechersk Lavra”.

Вступ. На території Національного заповідника «Києво-Печерська Лавра» (НЗКПЛ) проводиться постійний комплексний моніторинг [1, 2] технічного стану пам'яток та оточуючої їх території, обов'язковою частиною якого є гідрогеологічний моніторинг. Він включає періодичні вимірювання рівнів ґрунтових вод, їх температуру та хімічний склад. Такий моніторинг ведеться на території Національного заповідника «Софія Київська» [3], проте на території НЗКПЛ ведеться на регулярній основі тільки визначення рівнів та температури вод, а визначення хімічного складу підземних вод не велось протягом багатьох років [4]. Тому задача з відновлення гідрогеологічного моніторингу в частині дослідження хімічного складу підземних вод є актуальною.

Мета роботи: дослідження хімічного складу ґрунтових вод території Національного заповідника «Києво-Печерська Лавра».

Результати та обговорення. Проведено дослідження хімічного складу зразків підземних вод з 18 свердловин (св.) на території НЗКПЛ (17 св. – води четвертинного та 1 св. – харківського водоносного горизонту). Св. № 112 аналізували двічі – в березні та липні 2025 р. В водах ряду свердловин зафіксовано перевищення санітарних норм [5]. Результати визначення хімічного складу підземних вод території НЗКПЛ наведені на рис. 1.

Катіонний склад (рис. 1, а). Хоча нормами [5] не встановлено граничну допустиму концентрацію макрокатіонів з джерел та свердловин, тим не менше можна сказати що їх концентрації в водах ряду свердловин є високими та далеко за межами фізіологічної повноцінності мінерального складу питної води: Na^+ ($> 200 \text{ мг/дм}^3$) – у водах св. 113, 257; Ca^{2+} ($> 130 \text{ мг/дм}^3$) – у

водах св. 3, 8, 12, 14, 102, 105, 107, 108, 110, 111, 112–а, b, 113, 257; Mg^{2+} (> 80 мг/дм³) – 103, 107, 112–b. Перевищено встановлені норми [5] за вмістом NH_4^+ ($> 2,6$ мг/дм³) у водах св. 2, 3 та з вмістом $Fe_{заг.}$ (> 1 мг/дм³) – у водах св. 2, 3, 8, 12.

Аніонний склад (рис. 1, б). З результатів визначення хімічного складу води видно, що наявне перевищення норм за вмістом хлоридів (≥ 350 мг/дм³) у водах св. 3, 14, 107; сульфатів (≥ 350 мг/дм³) у воді св. 113; нітратів (≥ 50 мг/дм³) у водах св. 2, 3, 108, 111; заліза загального (≥ 1 мг/дм³) – св. 2, 3, 8, 12. Вміст гідрокарбонатів у водах є типовим для першого від поверхні водоносного горизонту м. Києва. Перевищено встановлені норми за вмістом NO_3^- у водах св. 2, 3, 108, 111.

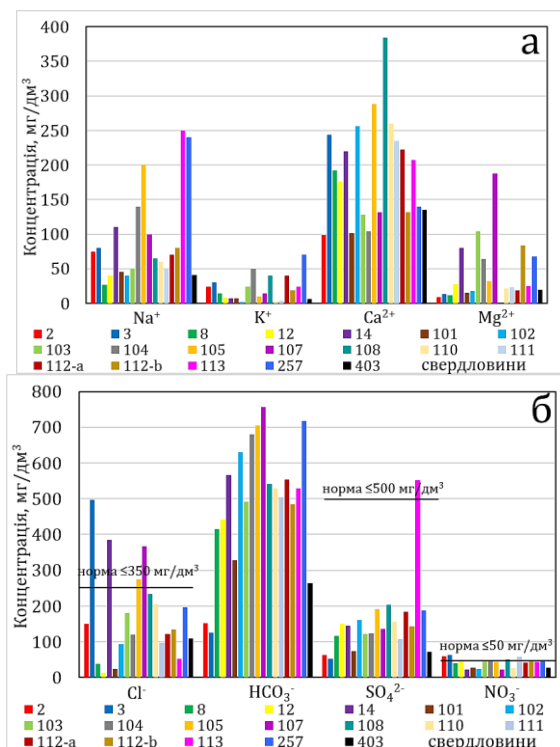


Рис. 1. Концентрації макрокатіонів (а) та макроаніонів (б) у підземних водах території Національного заповідника «Києво-Печерська Лавра»

Загальна мінералізація (рис. 2, а) у водах 13-ти з 18-ти свердловин перевищує норму 1 г/дм³ [5]: прісними (до 1 г/дм³) є води св. 2, 8, 12, 101, 403; умовно прісними (до 1,5 г/дм³) – води св. 3, 102, 103, 104, 110, 111, 112-а,б; солонуватими (> 1,5 г/дм³) – води св. 14, 105, 107, 108, 113, 257.

Величини рН (рис. 2, б) практично в усіх зразках вод зі спостережних свердловин НЗКПЛ знаходяться в межах норми (6,5–8,5 од.), виключення складають лише два зразки вод зі св. 2 та 3 в яких величини рН = 6,47 та 6,36 відповідно, проте такі значення є дуже близькими до нижньої межі норми [5].

Загалом, можна сказати, що лише у водах св. 101 та 403 не зафіксовано перевищення норм за жодним з показників якості води [5].

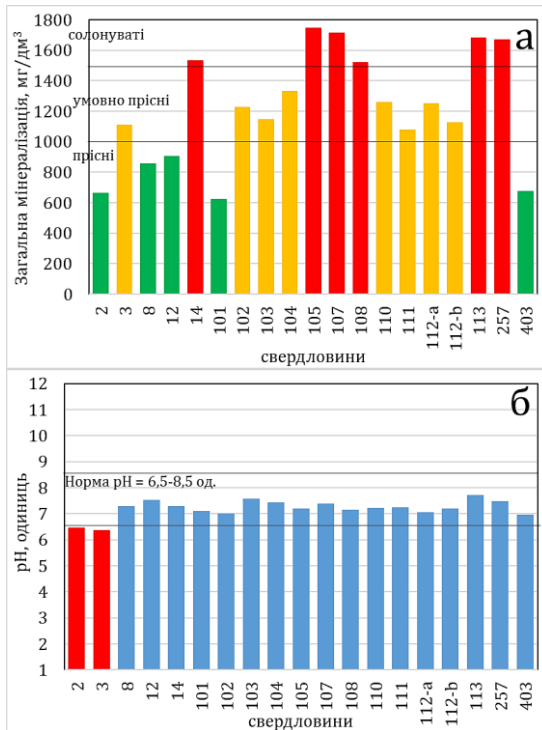


Рис. 2. Загальна мінералізація (а) та величина рН (б) у водах свердловин території НЗКПЛ

Гідрохімічний тип підземних вод території НЗКПЛ визначали за допомогою діаграми Пайпера (рис. 3). Не зважаючи на невелику за площею територію, підземні води на ній мають різноманітний хімічний склад. Найбільша кількість зразків вод відноситься до гідрокарбонатно-кальцієвого типу – св. 8, 12, 101, 102, 111, 112–а (у весняний період). Води зі св. 2, 3 – хлоридно-кальцієві. Змішаного катіонно-аніонного складу є води св. 103 та 112–b (в літній період). Змішаними за аніонним складом, проте з домінуючим катіоном: Ca^{2+} – води св. 105, 108, 110, 403; Mg^{2+} – вода у св. 107. Змішані за катіонним складом, але з домінуючим аніоном: HCO_3^- – води св. 104, 257; SO_4^{2-} – вода у св. 113.

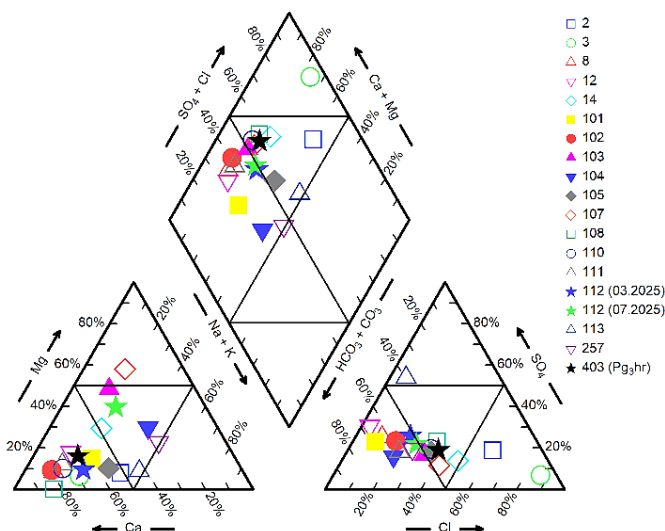


Рис. 3. Діаграма Пайпера для типізації ґрунтових вод території Національного заповідника «Києво-Печерська Лавра»

Концентрації деяких мікроелементів – $\text{Fe}_{\text{зар.}}$ ($\text{Fe}^{2+} + \text{Fe}^{3+}$) та Pb (рис. 4) було визначено у водах свердловин території НЗКПЛ. Результати показали, що концентрація загального заліза (рис. 4, а) у більшості свердловин знаходиться в межах норми (1 мг/дм^3), але у водах деяких свердловин (8, 12) зафіксовано незначне перевищення норми ($1,05$ та $1,22 \text{ мг/дм}^3$ відповідно), більш ніж втричі перевищення норми у св. 3 ($3,57 \text{ мг/дм}^3$) та більш ніж в 30

разів у св. 2 (33,74 мг/дм³). Високий вміст Fe_{заг.} в спостережних свердловинах ймовірно пов'язаний з накопиченням продуктів корозії сталевих обсадних труб, оскільки в свердловинах з пластиковими обсадними трубами вміст заліза в межах норми.

Концентрація Pb (рис. 4, б) перевищує норму (0,01 мг/дм³) у водах усіх свердловин, за винятком св. 113. У водах св. 3, 14, 103, 108 зафіксоване перевищення норми у 4–5 раз, у інших водах св. 2, 8, 12, 101, 102, 104, 105, 107, 110, 111, 112-б, 403 – в 2–3 рази та незначне перевищення до 2 раз у водах св. 112-а, 257.

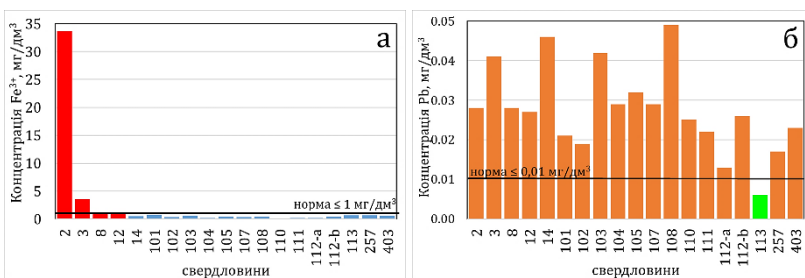


Рис. 4. Концентрації Fe_{заг.} (а) та Pb (б) у підземних водах території Національного заповідника «Києво-Печерська Лавра»

Висновки.

1. Перевищення норм за концентраціями Cl⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻, Fe_{заг.}, Pb, загальної мінералізації, а також рекомендованих меж фізіологічної повноцінності мінерального складу за Na⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ зафіксовано у всіх свердловинах території Заповідника, за винятком св. 101, вода в якій відповідає показникам якості.

2. Величини рН у водах свердловин знаходиться у межах норми у водах більшості свердловин, окрім св. 2 та 3 в яких вона є близькою до нижньої межі норми.

3. За загальною мінералізацією досліджувані води є: прісними (св. 2, 8, 12, 101, 403), умовно прісними (св. 3, 102, 103, 104, 110, 111, 112-а, 112-б) та солонуватими (св. 14, 105, 107, 108, 113, 257).

4. Гідрохімічний тип вод свердловин є надзвичайно різноманітним як для такої малої за площею території, зокрема наявні води гідрокарбонатно-кальцієвого типу (св. 8, 12, 101, 102, 111, 112-а), хлоридно-кальцієві (св. 2, 3), змішані за катіонно-аніонним складом (св. 103, 112-б), змішані за аніонним складом

з домінуванням кальцію (св. 105, 108) та магнію (св. 107), змішані за катіонним складом з домінуванням гідрокарбонат-іонів (св. 104, 257) і сульфат іонів (св. 113).

5. Зафіксовано мінімальні перевищення концентрації $\text{Fe}_{\text{заг.}}$ у св. 8 та 12, аномально високі у св. 2, 3. Концентрація Рb перевищує норму у водах усіх свердловин, за винятком св. 113.

6. Різноманітний хімічний склад підземних вод на відносно невеликій території попередньо свідчить про наявність аномальних гідрогеологічних процесів і умов.

Таким чином, якість підземних вод на території НЗКПЛ не відповідає нормам, зумовлюється як природними так і техногенними процесами, які потребують подальшого вивчення та уточнення. Для цього рекомендується організувати постійний гідрогеохімічний моніторинг на території цієї історично-культурної пам'ятки.

Перелік використаної літератури

1. Cherevko I., Kril T., Bugai D., Shekhunova S. Analysis of engineering protection effectiveness of the Kyiv-Pechersk Lavra territory based on long-term hydrogeological monitoring. *GeoConference SGEM 2024*. 24th Int. Multidisc. Sc. Conf. 2024. <https://doi.org/10.5593/sgem2024/1.1/s02.19>

2. Cherevko I., Kril T., Bezrodnyi D., Popov S. Determination of waterlogging zones and their factors using non-destructive monitoring methods at historical and architectural monuments. *GeoConference SGEM 2024*. 24th Int. Multidisc. Sc. Conf. 2024. <https://doi.org/10.5593/sgem2024/1.1/s02.21>

3. Yaroshenko K., Koliabina I., Saprykin V., Molochkova N., Dramaretskyi Ye. Features of the groundwaters chemical composition on the National Conservation Area “Sophia of Kyiv” territory. *Ecology. Human. Society: Proc. of the 25th Int. Sc. & Pract. Conf.*, 12 June 2025. Kyiv: NTUU “I. Sikorsky KPI”, 2025. <https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2025.331595>

4. Рибін В.Ф., Куцина В.О., Канаркова О.С., Черевко І.А. Гідрогеологічний моніторинг території Верхньої Лаври з метою охорони пам'яток архітектури. Звіт за дог. №11/2007. Київ : ІГН НАН України, 2007.

5. Державні Санітарні Правила і Норми 2.2.4-171-10. Київ: МОЗ, 2022.