

ТЕХНОЛОГІЇ ЗАХИСТУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

УДК 504.054:556.18]:622.271.3(477.42)

DOI <https://doi.org/10.32782/3041-2080/2025-4-1>

ОЦІНКА ГІДРОХІМІЧНОГО СКЛАДУ КАР'ЄРНИХ ВОД У ЗОНІ ДІЯЛЬНОСТІ ПРАТ «ТРАНСНАЦІОНАЛЬНА КОРПОРАЦІЯ «ГРАНІТ»

Бондарчук Василь Миколайович,

старший викладач кафедри

робототехніки, електроенергетики та автоматизації імені професора Б. Б. Самотокіна

Державного університету «Житомирська політехніка»

ORCID ID: 0000-0003-2793-8720

Валерко Руслана Анатоліївна,

доктор сільськогосподарських наук, доцент,

доцент кафедри екології та природоохоронних технологій

Державного університету «Житомирська політехніка»

ORCID ID: 0000-0003-4716-0100

Герасимчук Людмила Олександрівна,

кандидат сільськогосподарських наук, доцент,

доцент кафедри екології та природоохоронних технологій

Державного університету «Житомирська політехніка»

ORCID ID: 0000-0002-3166-5588

У статті наведено результати гідрохімічного моніторингу кар'єрних вод підприємства гірничодобувної галузі ПРАТ «Транснаціональна корпорація «Граніт» за період 2021–2023 років, що функціонує в Коростенському районі Житомирської області. Основними видами діяльності корпорації є: добування піску, гравію, глини і каоліну. Метою дослідження було оцінити якісний стан водного середовища кар'єру в умовах техногенного навантаження та природних сезонних змін. Дослідження охоплювало широкий спектр показників якості води: водневий показник (рН), вміст азоту амонійного, нітритів, нітратів, загального заліза, фосфатів, хлоридів, сульфатів, завислих речовин, сухого залишку, а також біохімічне (БСК₅) та хімічне (ХСК) споживання кисню.

Результати досліджень показали, що вміст більшості досліджуваних речовин залишався в межах допустимих концентрацій відповідно до екологічних норм. Значення рН залишалися в межах нейтрального середовища. Найбільші сезонні коливання спостерігалися для амонійного азоту, ХСК і БСК₅ – з підвищенням у літній період. Динаміка деяких компонентів описується поліноміальними залежностями 4-го порядку з помірними значеннями коефіцієнтів детермінації ($R^2 = 0,41\text{--}0,57$), що свідчить про багатofакторний вплив на гідрохімічний склад вод. Залізо загальне, фосфати, хлориди і сульфати варіювали в незначних межах, не перевищуючи допустимих концентрацій, що свідчить про відсутність потужних точкових джерел забруднення.

Періодичне наближення вмісту завислих речовин до граничних показників, ймовірно, зумовлено активною виробничою діяльністю. Загалом, отримані результати свідчать про допустимий рівень антропогенного навантаження на гідросистему кар'єру та підкреслюють важливість подальшого регулярного моніторингу з метою виявлення потенційних змін в якості водного середовища.

Ключові слова: гірничодобувна промисловість, показники якості кар'єрних вод, моніторинг, динаміка, допустима концентрація.

Bondarchuk Vasyl', Valerko Ruslana, Herasymchuk Liudmyla. Assessment of the hydrochemical composition of quarry waters in the zone of activity of PRJSC "Transnational corporation Granit"

The article presents the results of hydrochemical monitoring of quarry waters at the mining enterprise PJSC "Transnational Corporation Granit" for the period 2021–2023. The company operates in the Korosten district of Zhytomyr region, Ukraine, and is primarily engaged in the extraction of sand, gravel, clay, and kaolin. The aim of the study was to assess the water quality of the quarry under the conditions of anthropogenic load and natural seasonal changes. The monitoring covered a wide range of water quality indicators, including pH, concentrations of ammonium nitrogen, nitrites, nitrates, total iron, phosphates, chlorides, sulfates, suspended solids, dry residue, as well as biochemical (BOD₅) and chemical (COD) oxygen demand.

The research results showed that the concentrations of most analyzed substances remained within the permissible limits according to environmental standards. The pH values were within the neutral range. The most significant seasonal variations were observed for ammonium nitrogen, COD, and BOD₅, with increases during the summer period. The dynamics of some parameters were described by fourth-degree polynomial trends with moderate determination coefficients ($R^2 = 0.41\text{--}0.57$), indicating a multifactorial influence on water composition. Total iron, phosphates, chlorides, and sulfates fluctuated slightly without exceeding permissible levels, which suggests the absence of strong point sources of pollution.

The occasional approach of suspended solids to threshold values was likely due to active production activities. Overall, the findings indicate an acceptable level of anthropogenic impact on the quarry's hydrosystem and emphasize the importance of continued regular monitoring to identify potential changes in water quality.

Keywords: mining industry, quarry water quality indicators, monitoring, dynamics, permissible concentration.

Вступ. Стан водного середовища є важливим індикатором екологічної безпеки територій, на яких здійснюється інтенсивна господарська діяльність, зокрема видобуток корисних копалин. Одним із джерел антропогенного навантаження на водні об'єкти є кар'єрні розробки, що супроводжуються формуванням техногенних водойм, зміненням водообігом і надходженням хімічних речовин у водне середовище. Моніторинг гідрохімічного складу кар'єрних вод є необхідним кроком для виявлення потенційних екологічних загроз, оцінювання рівня впливу на довкілля та розроблення природоохоронних заходів.

У межах діяльності об'єктів із видобутку і перероблення гранітної сировини утворюється значний обсяг кар'єрних вод, дослідження складу яких дозволяє оцінити як природні, так і техногенні фактори формування хімічного складу вод.

Процесам формування кар'єрних вод у зоні діяльності гірничовидобувних підприємств присвячено велику кількість досліджень, в яких проаналізовано: проблеми вмісту важких металів у складі кар'єрних вод [4]; складну гідравлічну взаємодію між водоносними горизонтами, що важливо для інтерпретації джерел кар'єрних вод [5]; зниження рівня ґрунтових вод, зміну турбідності, температури та концентрацій іонів через

видобуток [3]; вплив кар'єрів на фітопланктон і водногідрохімічні структури в регіоні [6]; оцінки впливу на довкілля кар'єрів [2] тощо. Проте оцінювання складу кар'єрних вод у зоні діяльності гірничовидобувних підприємств є актуальним питанням і потребує постійного моніторингу.

Таким чином, метою дослідження є оцінювання гідрохімічного складу та сезонна динаміка кар'єрних вод у районі діяльності ПрАТ «ТК «Граніт».

Методи та методика дослідження. Основним видом діяльності ПрАТ «Транснаціональна корпорація «Граніт» є добування піску, гравію, глини і каоліну. Підприємство знаходиться в Коростенському районі Житомирської області. Скид кар'єрних вод здійснюється в р. Уж, яка є правою притокою р. Прип'ять. Вимірювання показників складу та властивостей кар'єрних вод проводили в сертифікованій вимірвальній лабораторії ТОВ «ЕКО-МБ» протягом 2021–2023 років відповідно до методик виконання вимірювань. Зокрема, було проаналізовано динаміку таких показників кар'єрних вод: рН, азот амонійний, нітрити, нітрати, залізо загальне, фосфати, ХСК, хлориди, сульфати, завислі речовини, сухий залишок, БСК₅.

Результати та дискусії. Аналіз результатів спостережень за якісним складом кар'єрних

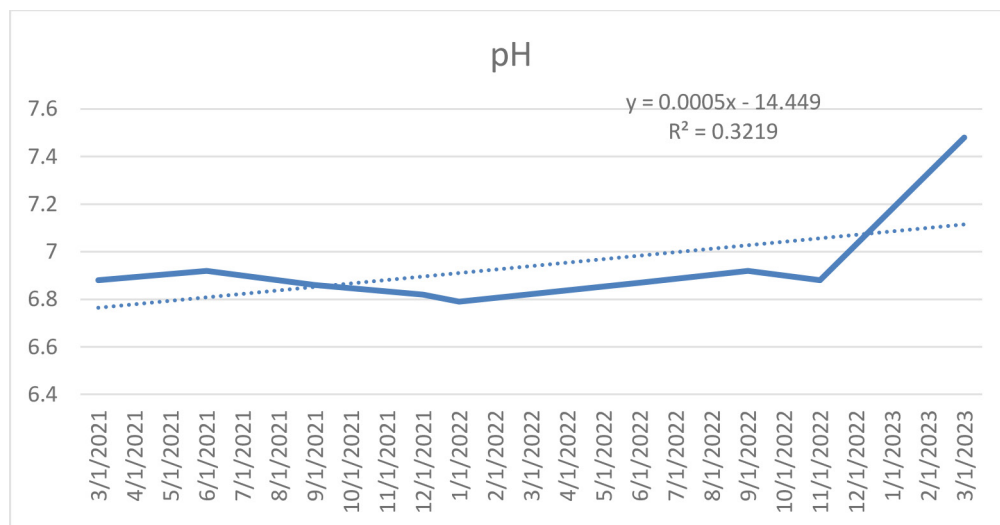


Рис. 1. Динаміка рівня рН у кар'єрних водах протягом 2021–2023 років, од. рН

вод у 2021–2023 роках свідчить про відносно стабільний гідрохімічний стан досліджуваної території (рис. 1–12).

Значення водневого показника в кар'єрних водах протягом досліджуваного періоду коливалось у межах 6,82–7,48 од. рН, що було в допустимих концентраціях та залишалося в межах нейтрального середовища, що характерно для вод незначного впливу антропогенних чинників. Лінійний характер зміни цього показника підтверджує відсутність різких коливань кислотно-лужного балансу, що є позитивним фактором для гідроекосистеми (рис. 1).

Динаміка вмісту азоту амонійного в кар'єрних водах підприємства вказує на його зниження в холодну пору року, зокрема протягом грудня – березня 2022 року були зафіксовані значення на рівні 0,29 мг/дм³. Вміст амонійного азоту

на рівні 0,32 мг/дм³ було зафіксовано в червні 2022 року. Така динаміка є типовою та може бути зумовлена зменшенням біогенного навантаження в зимовий період, коли мікробіологічні процеси мінералізації органічних речовин сповільнюються. Водночас зафіксовані концентрації не перевищували допустимих значень (0,33 мг/дм³), що вказує на контрольованість джерел забруднення (рис. 2).

Дані щодо вмісту нітритів і нітратів засвідчили наявність незначних коливань у межах нормативних показників. Поліноміальний тренд динаміки цих сполук вказує на вплив декількох чинників, включно із сезонними змінами та можливим дифузним надходженням із навколишніх територій. Значення коефіцієнтів детермінації R^2 на рівні 0,479 і 0,57 відповідно свідчать про середню кореляцію і припускають необхідність

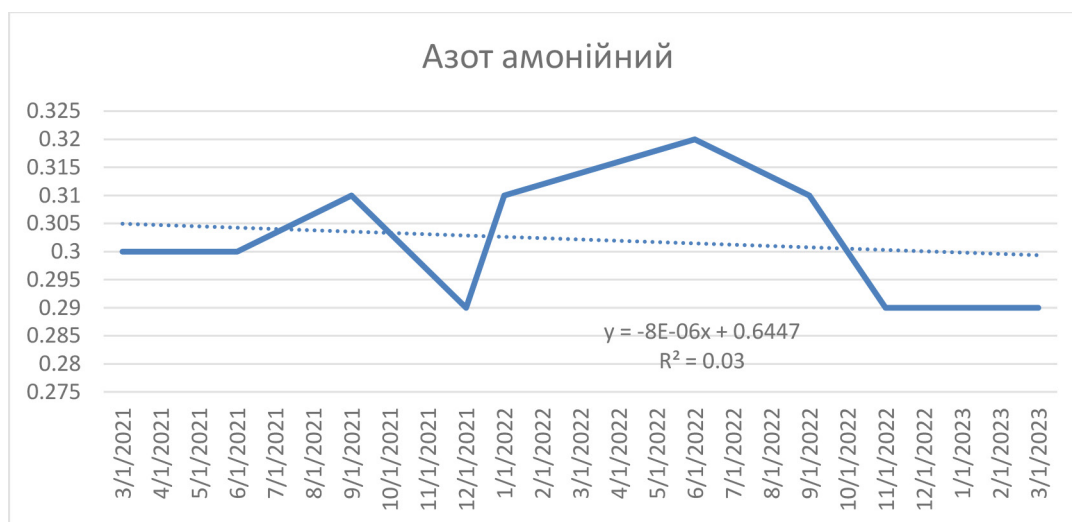


Рис. 2. Динаміка вмісту азоту амонійного в кар'єрних водах протягом 2021–2023 років, мг/дм³

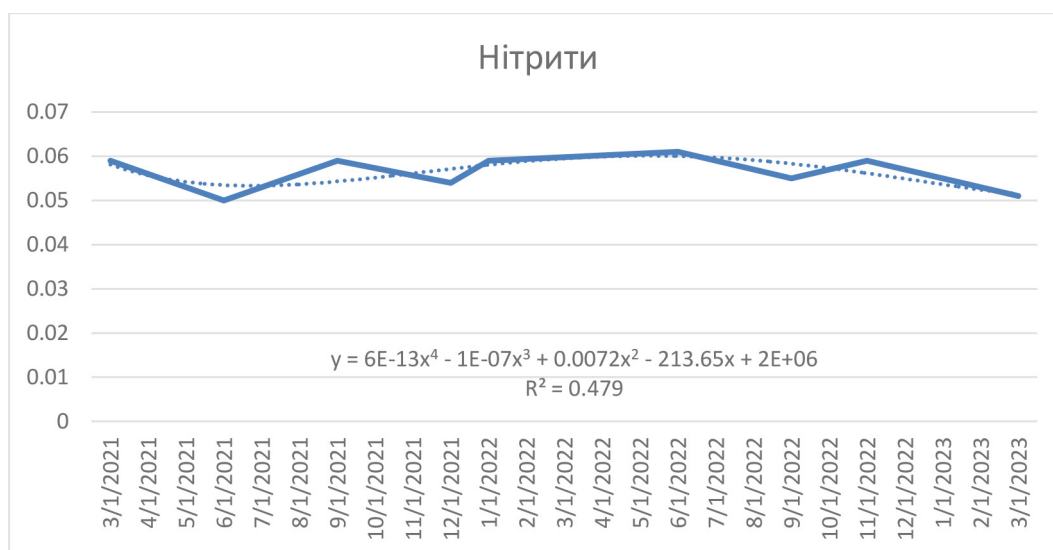


Рис. 3. Динаміка вмісту нітритів у кар'єрних водах протягом 2021–2023 років, мг/дм³

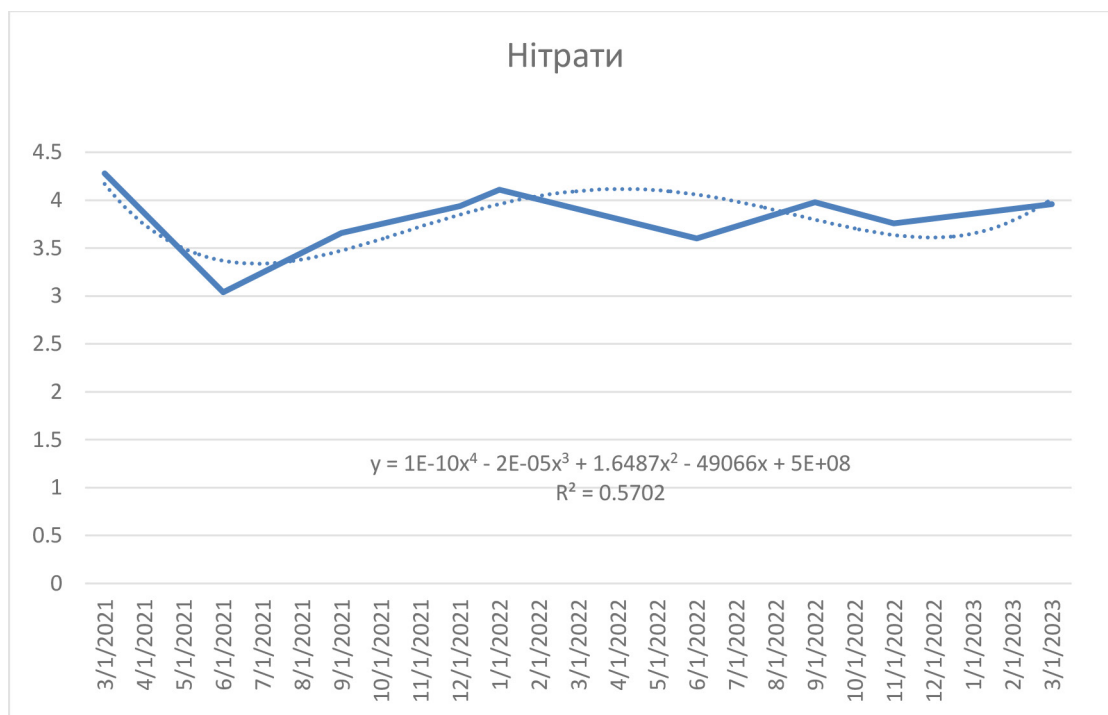


Рис. 4. Динаміка вмісту нітратів у кар'єрних водах протягом 2021–2023 років, мг/дм³

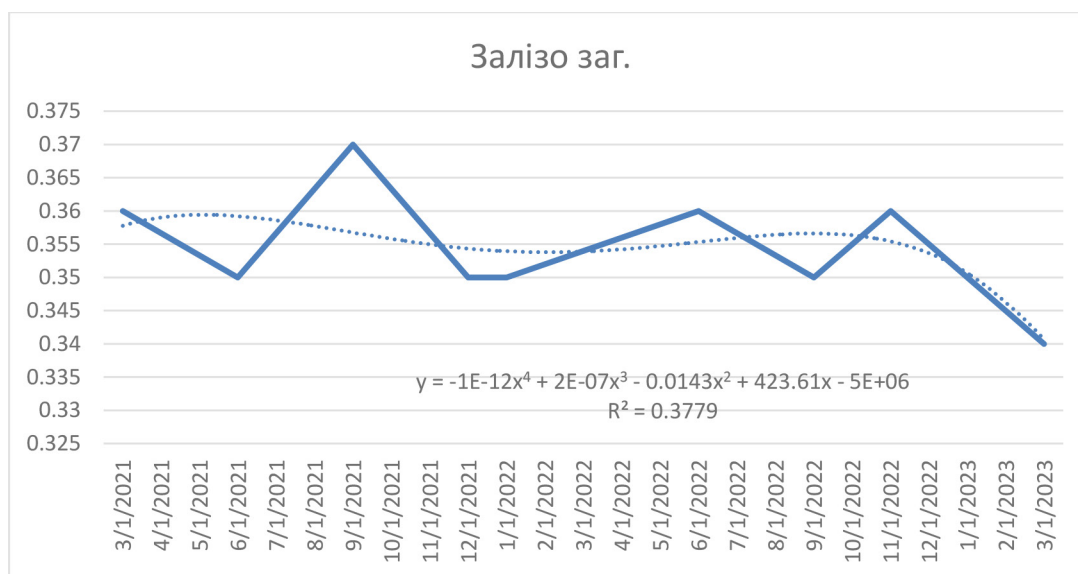


Рис. 5. Динаміка вмісту заліза загального в кар'єрних водах протягом 2021–2023 років, мг/дм³

подальшого моніторингу цих компонентів (рис. 3, 4).

Залізо загальне (рис. 5), фосфати (рис. 6), хлориди (рис. 7) і сульфати (рис. 8) варіювали в незначних межах, не перевищуючи допустимих концентрацій, що свідчить про відсутність потужних точкових джерел забруднення. Вміст заліза загального коливався в межах від 0,34 мг/дм³ у березні 2023 року до 0,37 мг/дм³ у вересні 2021 року (рис. 5). Особливо варто відзначити фосфати, динаміка яких також має поліноміальний характер ($R^2 = 0,44$), що може

бути пов'язано з активністю гірничодобувного підприємства та вилуговуванням порід (рис. 6).

Показник хімічного споживання кисню коливався в межах від 24,6 мгО/дм³ у грудні 2021 року до 26,4 мгО/дм³ у червні 2022 року. Найбільші значення показника ХСК були характерними для теплої пори року, що можна пояснити підвищенням органічного навантаження в умовах активної біологічної продукції. Проте ці значення залишались у межах нормативу, що свідчить про помірний рівень органічного забруднення (рис. 9).

Щодо вмісту завислих речовин у кар'єрній воді, то у вересні 2021 року, протягом січня – червня 2022 року та в березні 2023 року їх концентрація була на рівні граничної, а саме 5,5 мг/дм³, що може бути наслідком техногенного впливу, зокрема промивання порід або активної діяльності з видобутку. Це потребує подальшого спостереження, адже високі концентрації завислих речовин можуть негативно впливати на біоту (рис. 10).

Сухий залишок та БСК₅ не перевищували допустимих значень, проте останній демонструє

незначні пікові коливання в літні місяці, що може бути свідченням біогенного впливу або надходження органічних сполук із поверхневих водозборів (рис. 11, 12).

Загалом, результати дослідження підтверджують відносно стабільний стан кар'єрних вод, однак наявність сезонних змін і техногенного впливу зумовлює необхідність системного моніторингу для запобігання деградації водного середовища в перспективі. На окрему увагу заслуговує аналіз можливих джерел забруднення, включно із дренажними

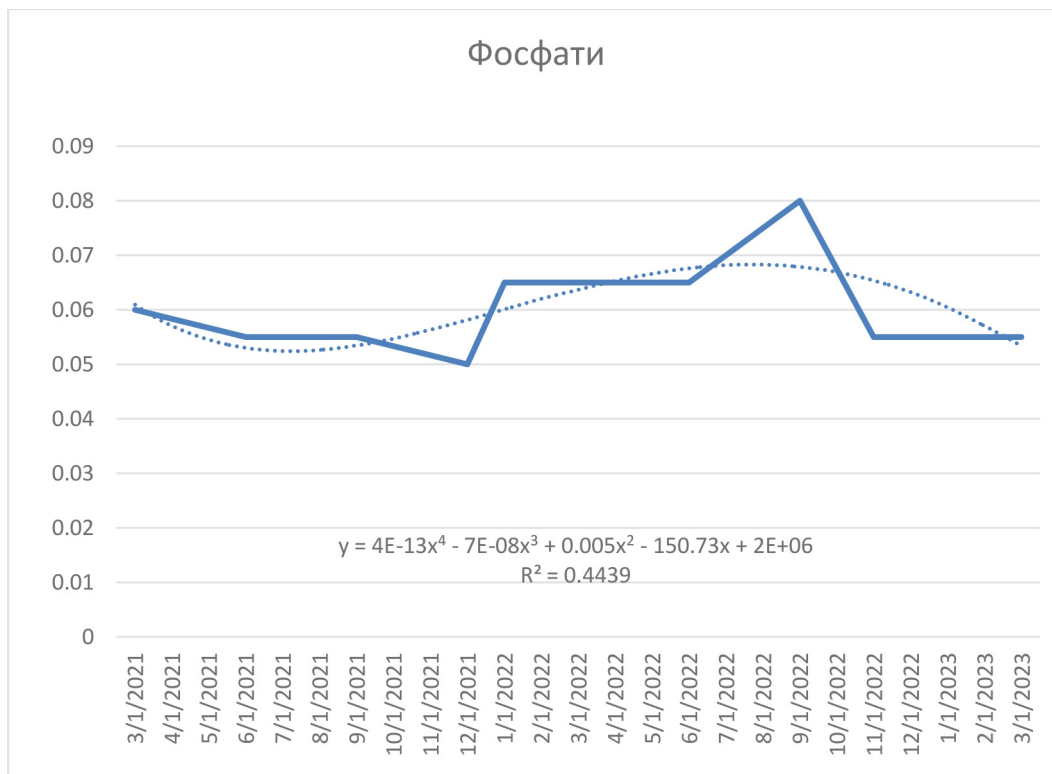


Рис. 6. Динаміка вмісту фосфатів у кар'єрних водах протягом 2021–2023 років, мг/дм³

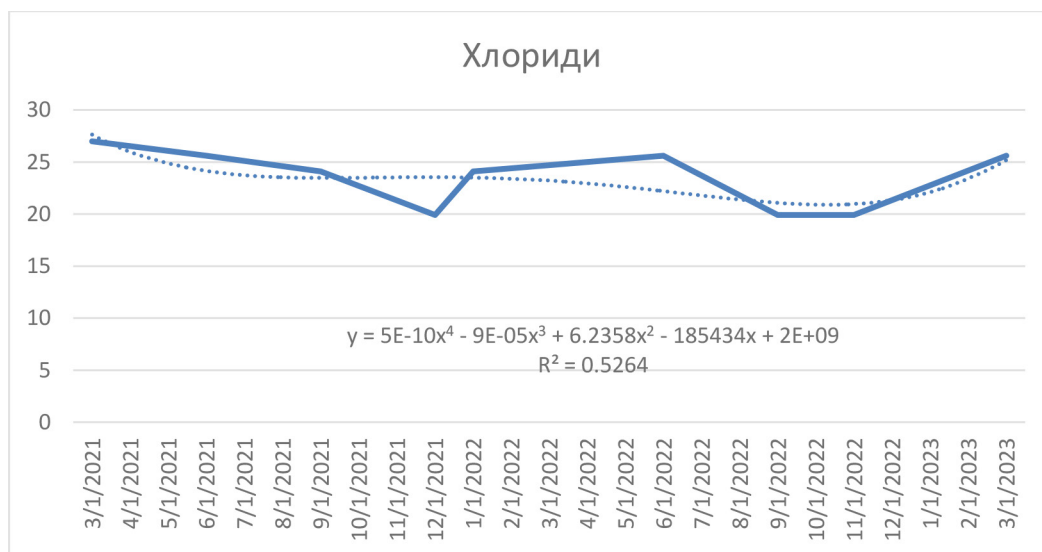


Рис. 7. Динаміка вмісту хлоридів у кар'єрній воді протягом 2021–2023 років, мг/дм³

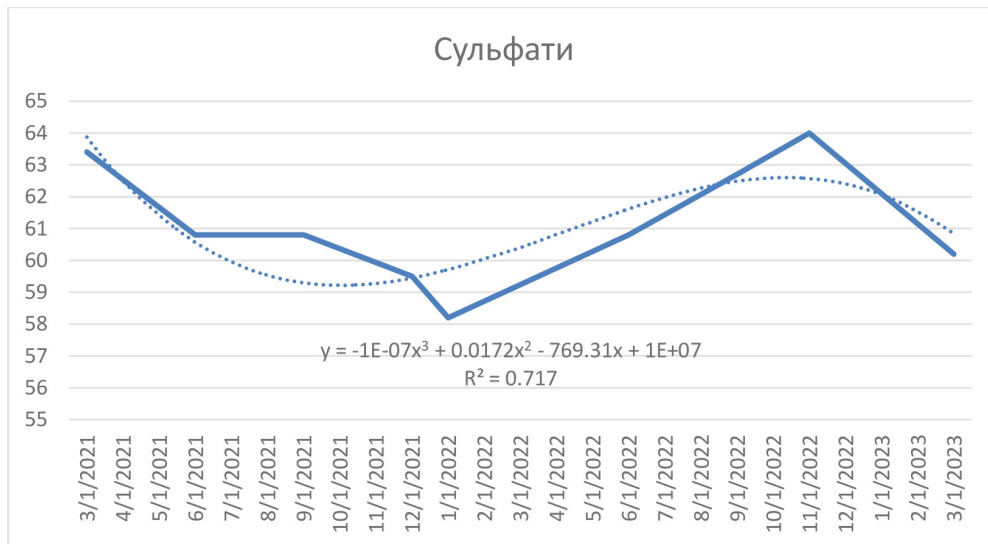


Рис. 8. Динаміка вмісту сульфатів у кар'єрній воді протягом 2021–2023 років, мг/дм³

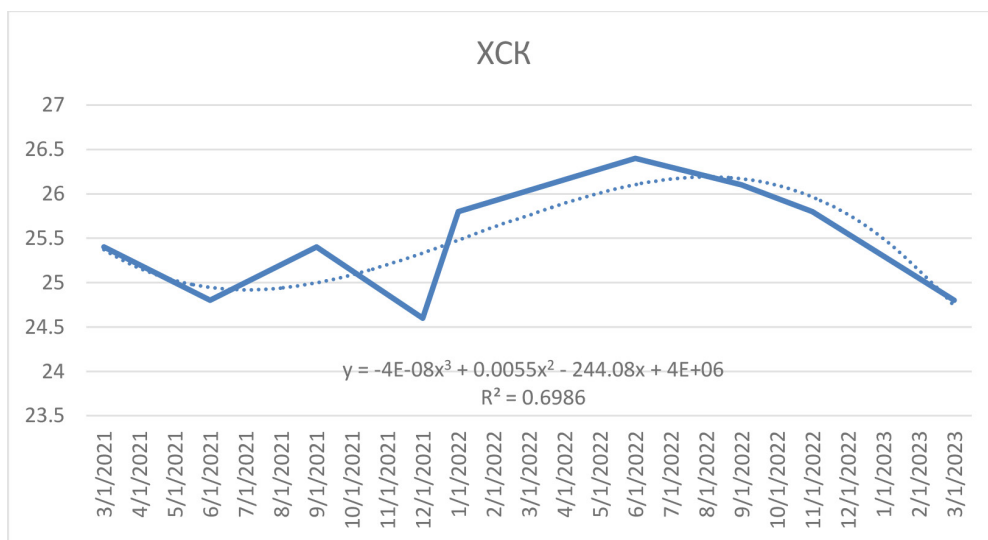


Рис. 9. Динаміка показника ХСК у кар'єрних водах протягом 2021–2023 років, мгО/дм³

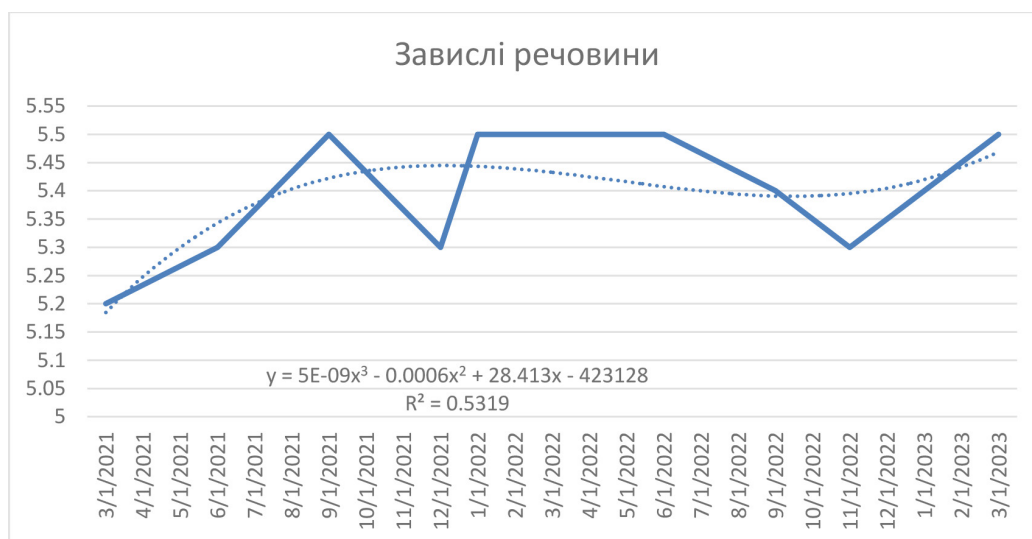


Рис. 10. Динаміка вмісту завислих речовин у кар'єрній воді протягом 2021–2023 років, мг/дм³

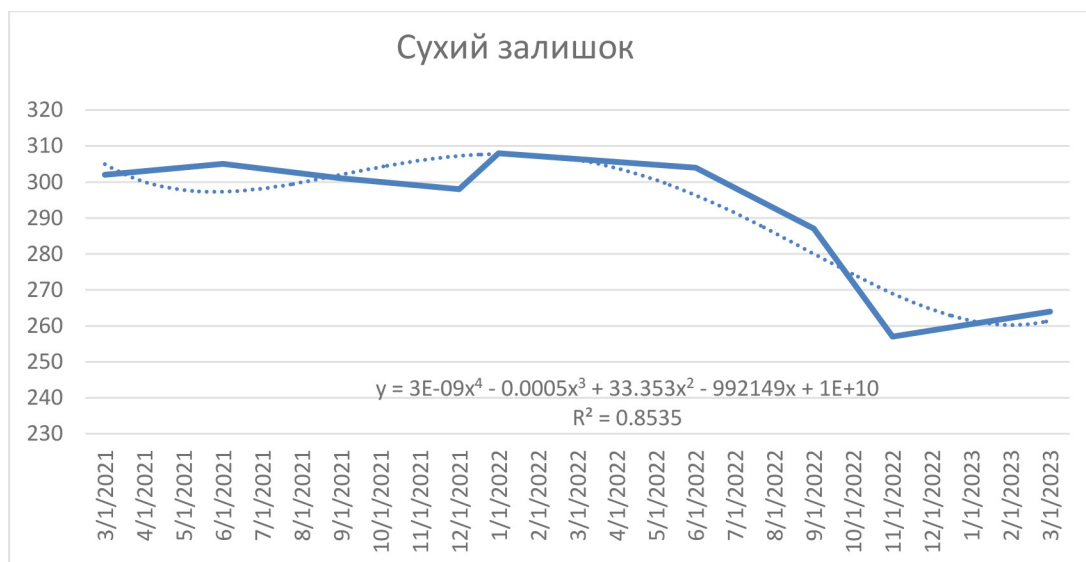


Рис. 11. Динаміка вмісту сухого залишку в кар'єрній воді протягом 2021–2023 років, мг/дм³

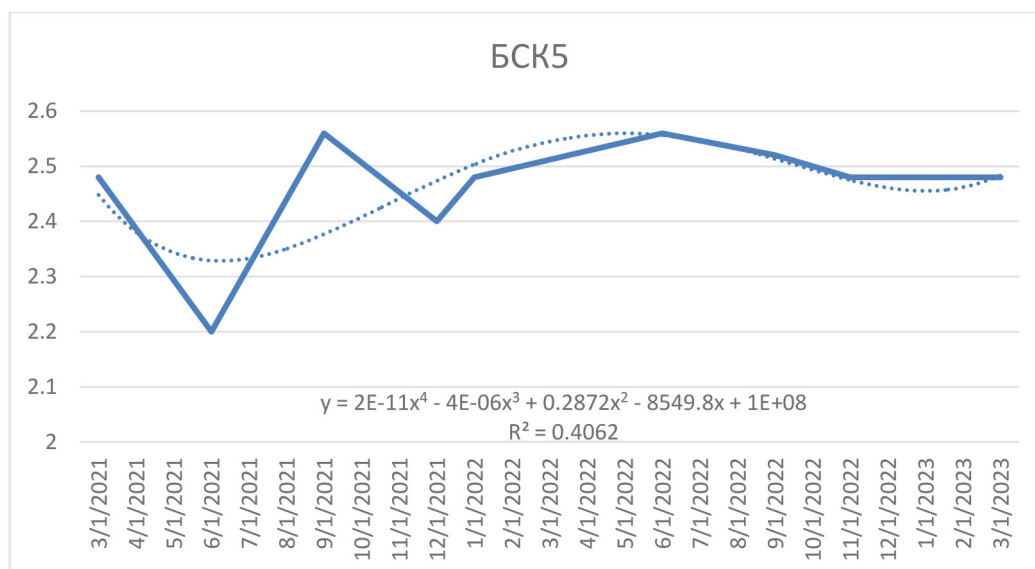


Рис. 12. Динаміка показника БСК₅ у кар'єрних водах протягом 2021–2023 років, мгО/дм³

водами підприємства та поверхневим стоком із технічних територій. Регулярне спостереження за змінами хімічного складу кар'єрної води, а також дослідження поверхневих вод водних об'єктів вище та нижче скиду дозволить вчасно виявляти джерела забруднення та розробляти ефективні заходи щодо їх усунення.

Висновки. Аналіз динаміки гідрохімічних показників кар'єрних вод виявив загальну

тенденцію до сезонних коливань їх рівнів. Усі досліджувані показники знаходяться в межах нормативів, крім завислих речовин, вміст яких був на граничній межі (5,5 мг/дм³). Це зумовлює необхідність і важливість моніторингу гідрохімічного складу кар'єрних вод та впровадження заходів з покращення якості води. Крім того, необхідним є також здійснення контролю якості води у водному об'єкті за умов скиду кар'єрних вод.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Валерко Р. А., Бондарчук В. М., Кірейцева Г. В. Гідрохімічний моніторинг річки Тетерів у межах питного водозабору міста Житомир. *Екологічна безпека та технології захисту довкілля*. 2025. № 7. С. 3–11. <https://doi.org/10.31073/ecobezpeka202507-01>
2. Гаврилюк Р. Б., Логвиненко О. І., Негода Ю. О. Оцінка впливу розробки кар'єрів на підземні води в межах Українського щита в контексті оцінки впливу на довкілля (на прикладі Вирівського гра-

нітного кар'єру). *Збірник наукових праць Інституту геологічних наук НАН України*. 2024. Том 17, вип. 1. С. 93–108. <https://doi.org/10.30836/igs.2522-9753.2024.308419>

3. Apaydin A., Akin B., Kaya E. The hydrochemical characteristics of a stressed sand-gravel aquifer: Kazan Plain, Ankara, Turkey. *Journal of Environmental Protection*. 2021. 12. P. 961–982. <https://doi.org/10.4236/jep.2021.1211056>

4. Ikpi G. E., Nganje T. N., Edet A., Adamu C. I., Eyong G. A. Investigation of hydrochemical characteristic, water quality and associated health risks of metals and metalloids in water resources in the vicinity of Akamkpa quarry district, southeastern Nigeria. *Geochemical Transactions*. 2024. 25(7). <https://doi.org/10.1186/s12932-024-00090-y>

5. Liu Q., Zhang Z., Zhang B., Mu W., Zhang H., Li Y., Xu N. Hydrochemical analysis and identification of open-pit mine water sources: a case study from the Dagushan iron mine in Northeast China. *Scientific Reports*. 2021. 11(23152). <https://doi.org/10.1038/s41598-021-02609-0>

6. Shelyuk Y. S., Astahova L. Y. Phytoplankton succession in the anthropogenic and climate ecological transformation of freshwater ecosystems. *Biosystems Diversity*. 2021. 29(2). P. 119–128. <https://doi.org/10.15421/012116>

REFERENCES:

1. Valerko, R. A., Bondarchuk, V. M., & Kireitseva, H. V. (2025). Hidrokhimichniy monitorynh richky Teteriv u mezhkakh pytnoho vodozaboru mista Zhytomyr [Hydrochemical monitoring of the Teteriv River within the limits of the drinking water intake of Zhytomyr city]. *Ekologichna bezpeka ta tekhnolohii zakhystu dovkillia*. No 7. S. 3–11. <https://doi.org/10.31073/ecobezpeka202507-01> [in Ukrainian].

2. Havryliuk, R. B., Lohvynenko, O. I., & Nehoda, Yu. O. (2024). Otsinka vplyvu rozrobky kar'ieriv na pidzemni vody v mezhkakh Ukrainського shchyta v konteksti otsinky vplyvu na dovkillia (na prykladi Vyriwskoho hranitnoho kar'ieru) [Assessment of the impact of quarry development on groundwater within the Ukrainian Shield in the context of environmental impact assessment (a case study of the Vyriv granite quarry)]. *Zbirnyk naukovykh prats Instytutu heolohichnykh nauk NAN Ukrainy*. No 17(1). S. 93–108. <https://doi.org/10.30836/igs.2522-9753.2024.308419> [in Ukrainian].

3. Apaydin, A., Akin, B., & Kaya, E. (2021). The hydrochemical characteristics of a stressed sand-gravel aquifer: Kazan Plain, Ankara, Turkey. *Journal of Environmental Protection*. No 12. P. 961–982. <https://doi.org/10.4236/jep.2021.1211056>

4. Ikpi, G. E., Nganje, T. N., Edet, A., Adamu, C. I., & Eyong, G. A. (2024). Investigation of hydrochemical characteristic, water quality and associated health risks of metals and metalloids in water resources in the vicinity of Akamkpa quarry district, southeastern Nigeria. *Geochemical Transactions*. No 25(7). <https://doi.org/10.1186/s12932-024-00090-y>.

5. Liu, Q., Zhang, Z., Zhang, B., Mu, W., Zhang, H., Li, Y., & Xu, N. (2021). Hydrochemical analysis and identification of open-pit mine water sources: a case study from the Dagushan iron mine in Northeast China. *Scientific Reports*. 11(23152). <https://doi.org/10.1038/s41598-021-02609-0>

6. Shelyuk, Y. S., & Astahova, L. Y. (2021). Phytoplankton succession in the anthropogenic and climate ecological transformation of freshwater ecosystems. *Biosystems Diversity*. No 29(2). P. 119–128. <https://doi.org/10.15421/012116>