

## ЕКОЛОГО-ГІДРОХІМІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПІВДЕННОЇ ДІЛЯНКИ БАЛАХІВСЬКОГО РОДОВИЩА ГРАФІТУ

**Кошлякова Тетяна Олексіївна,**

кандидат геологічних наук, старший дослідник,  
докторант

Інституту геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М. П. Семененка Національної академії наук України

ORCID ID: 0000-0001-8551-3531

Scopus Author ID: 56258086200

Web of Science Researcher ID: AAC-6577-2020

**Кураєва Ірина Володимирівна,**

доктор геологічних наук, професор

завідувач відділу геохімії техногенних металів та аналітичної хімії

Інституту геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М. П. Семененка Національної академії наук України

ORCID ID: 0000-0003-3113-7782

Scopus Author ID: 35781829200

Web of Science Researcher ID: AAC-6607-2020

**Верховцев Валентин Геннадійович,**

доктор геологічних наук, старший науковий співробітник

завідувач відділу спеціальної металогенії

Державної установи «Інститут геохімії навколишнього середовища

Національної академії наук України»

ORCID ID: 0000-0002-1015-6725

Scopus Author ID: 56416406100

Web of Science Researcher ID: AAF-8664-2020

**Тищенко Юрій Євгенович,**

кандидат геологічних наук

старший науковий співробітник відділу спеціальної металогенії

Державної установи «Інститут геохімії навколишнього середовища

Національної академії наук України»

ORCID ID: 0000-0002-0413-241X

Scopus Author ID: 57204368232

Web of Science Researcher ID: AAN-7435-2020

*Стаття містить результати моніторингових досліджень, спрямованих на встановлення фонових показників (базового стану) якості поверхневих і підземних вод Південної ділянки Балахівського родовища графіту. Натурні вишукування передбачали відбір зразків води з колодязів і поверхневих водотоків і водойм. Актуальність проведених досліджень полягає в необхідності встановлення фонових значень основних показників хімічного складу природних вод на території потенційного впливу гірничих підприємств. З отриманих результатів проб води можна констатувати, що якість води загалом гірша в досліджених свердловинах в селі Олександрівка, селі Пустельникове, селищі міського типу Балахівка та селі Новий Стародуб, ніж у річці Інгулець і річці Вівнянка й навіть у більшості водойм – як у кар'єрних озерах, так і у ставках-запрудях. Зафіксовано перевищення гранично допустимих концентрацій у поверхневих і підземних водах за такими інгредієнтами: Ca, Mg, SO<sub>4</sub>, Na, K і Mn. Оцінка якості показала, що обстежені природні води за блоком загальносанітарних показників можна схарактеризувати як «добрі», чисті води прийнятної якості. Встановлена подібність досліджених вод за катіонним складом, натомість в аніонному складі є відмінності: у поверхневих водах переважає сульфат-іон, у підземних водах – гідрокарбонат. Для еколого-геохімічної оцінки якості досліджених підземних вод було застосовано критерій біологічно значущої концентрації (БЗК). Мікроелементний аналіз показав нестачу в підземних водах таких мікроелементів: V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Cd та Pb. Проведені гідрохімічні дослідження дали змогу встановити фонові показники базового стану якості довкілля обстеженої території. Надалі необхідно проводити моніторингові спостереження за змінами хімічного складу поверхневих і підземних вод Південної ділянки Балахівського родовища графіту під час роботи гірничо-видобувного підприємства.*

**Ключові слова:** підземні води, поверхневі води, гідрохімічні дослідження, хімічний склад, родовище графіту.

**Koshliakova Tetiana, Kuraieva Iryna, Verkhovtsev Valentyn, Tyshchenko Yurii. Environmental and hydrochemical research of the Balakhiv graphite deposit southern section**

The article contains the results of monitoring studies aimed at establishing background indicators (base state) of the quality of surface and underground waters of the Southern section of the Balakhiv graphite deposit. On-site searches included water sampling from wells and surface watercourses and reservoirs. The relevance of the conducted research lies in the need to establish the background values of the main indicators of the chemical composition of natural waters in the territory of the potential influence of mining enterprises. From the obtained results of water samples, it can be stated that the quality of water in general is worse in the studied wells in the village. Oleksandrivka, village Pustelnikove, village of Balakhivka and village Novy Starodub than in the Ingulets River and the Vivnyanka River and, even, in most water bodies – both in quarry lakes and ponds-dams. Exceeding the maximum allowable concentrations in surface and underground waters for such indicators as Ca, Mg, SO<sub>4</sub>, Na, K and Mn was recorded. The quality assessment showed that the tested natural waters can be characterized as “good”, clean waters of acceptable quality according to the block of general sanitary indicators. The similarity of the studied waters in terms of cationic composition was established, but there are differences in the anionic composition: sulfate ion prevails in surface waters, and hydrocarbonate in underground waters. For the ecological and geochemical assessment of the quality of the investigated groundwater, the criterion of biologically significant concentration (BSC) was applied. Microelement analysis showed a shortage of such microelements as V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Cd, and Pb in groundwater. The conducted hydrochemical studies made it possible to establish the background indicators of the basic state of the examined territory's environmental quality. In the future, it is necessary to conduct monitoring observations of changes in the chemical composition of surface and underground waters of the Southern section of the Balakhiv graphite deposit during the operation of the mining enterprise.

**Key words:** underground water, surface water, hydrochemical investigations, chemical composition, graphite deposit.

**Вступ.** Встановлення базового екологічного стану ключових компонентів навколишнього середовища в зоні впливу гірничих підприємств є вкрай важливим науковим завданням. Графітова продукція підприємств України за якістю відповідає світовому стандарту й експортується в інші країни. Саме тому розробка графітової сировини дає можливість забезпечити економічну стабільність держави. Проте під час розробки корисних копалин може погіршуватися екологічний стан навколишнього середовища. Особливо вразливими є водні ресурси – поверхневі водотоки та водойми, а також підземні води. Як відомо, нині більшість водоспоживачів України для забезпечення господарсько-питних потреб використовує поверхневі джерела. Населення 40% території нашої держави споживає воду, яка не відповідає вимогам вітчизняних нормативних документів. За даними ООН, станом на 2022 р. за якістю питної води Україна була на 66 рядку в рейтингу зі 180 країн світу. Водночас щорічно в басейні українських річок скидається приблизно 9,6 млрд м<sup>3</sup> неналежно очищених стічних вод, з них 2,9–4,0 млрд м<sup>3</sup> мають перевищення допустимих концентрацій токсичних сполук у своєму складі. Варто зазначити, що левова частина цих стоків належить підприємствам гірничо-металургійної галузі [1].

Необхідно знайти баланс між економічно доцільним видобутком мінеральної сировини та збереженням природних вод як ресурсу питного водопостачання місцевого населення. Тому є потреба у проведенні моніторингових досліджень для визначення фонових показників об'єктів довкілля ще на етапі проектної розробки родовища. Це надасть можливість надалі відстежувати зміни у водних об'єктах уже під час роботи гірничого підприємства.

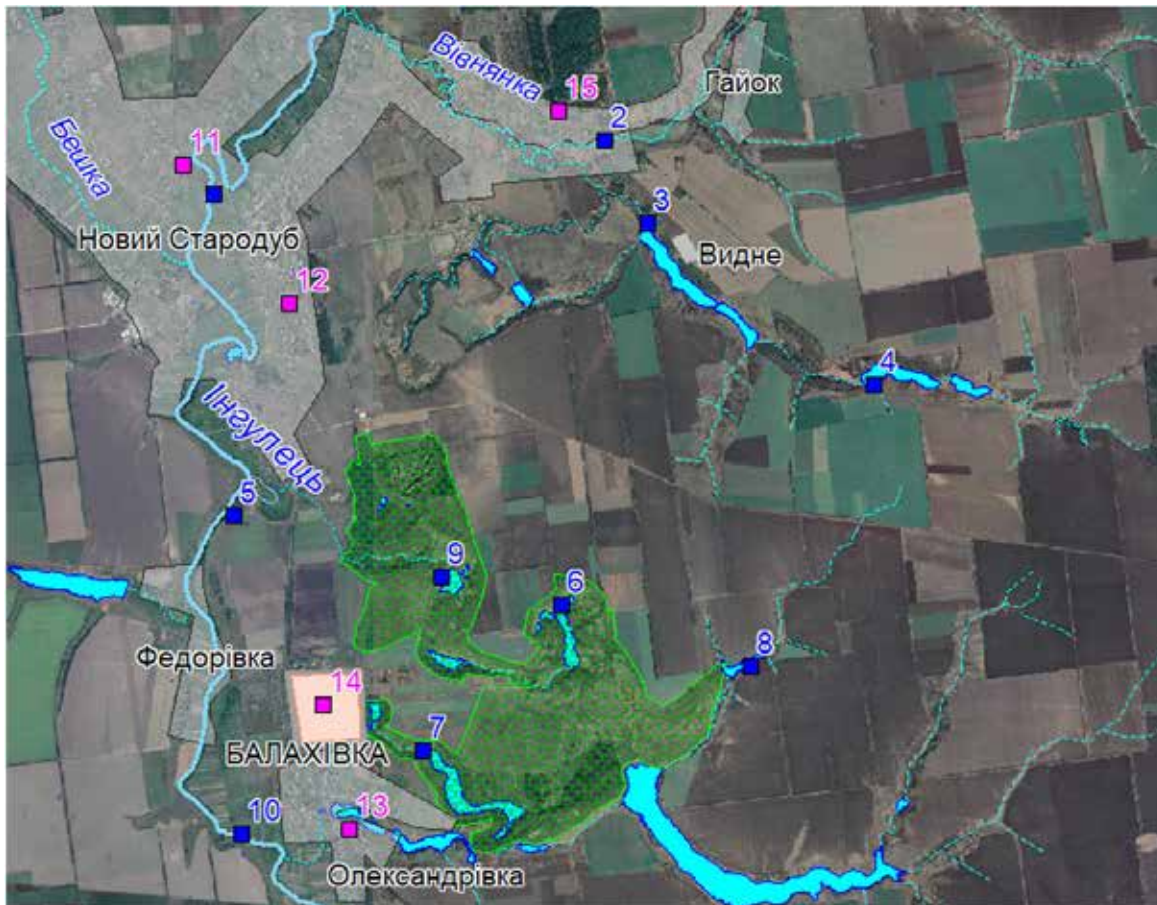
**Матеріал та методи.** Для натурних гідрохімічних вимірювань проб води використовувались портативні прилади: рН-метр Nach SensIon-3, кондуктометр Nach SensIon-5 і оксиметр Nach SensIon-6. Визначено вміст макро- та мікрокомпонентів у пробах води. Усі показники вимірювались за чинними міжнародними стандартами (ISO). Кислотність, загальну жорсткість

(вміст кальцію та магнію), вміст хлоридів визначено титруванням, решту показників – спектрофотометром DR 2800 Nach Lange. Вміст натрію та калію (Na + K) визначено розрахунком, з урахуванням молярних співвідношень катіонів і аніонів. Для лужності (гідрокарбонати), твердості (кальцій і магній), сульфатів, хлоридів, сполук азоту та фосфору відносна похибка ( $\delta$ ) становить 15–20%, для решти показників – 10–15%. Мікроелементний аналіз зразків води було здійснено методом мас-спектрометрії з індуктивно зв'язаною плазмою (ICP-MS) на мас-спектрометрі з подвійним фокусуванням іонного променя “ELEMENT-2” фірми “Thermo Scientific” (корпорація “Thermo Electron GmbH” (Бремен)), що функціонує на базі Інституту геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України. Для отримання калібровок «сигнал – концентрація» застосовувався сертифікований стандарт (ICP multi-element standard solution VI, виробник – Merck KGaA), з якого виготовлялася серія 6 градувальних стандартів від 1 до 1 000 ppb. Підготовка проб і стандартів здійснювалася ваговим методом. Для приготування розчинів (промивні, холості, градувальні й аналізовані) використовували воду, очищену за допомогою апарату Millipore-Q3 (Millipore SA, Франція).

**Результати.** Моніторингові польові дослідження проводилися співробітниками Державної установи «Інститут геохімії навколишнього середовища Національної академії наук України» восени 2022 р., узимку 2022–2023 рр., навесні та влітку 2023 р. [2]. Під час польових обстежень відбиралися й аналізувалися проби води з поверхневих (річки) і підземних (колодязі) джерел.

В адміністративному відношенні Південна ділянка Балахівського родовища графіту (місце реалізації планованої діяльності) розташована в Олександрійському районі Кіровоградської області, поблизу с. Балахівка – на території Балахівської селищної ради (рис. 1).

**Фізико-географічні особливості території.** Район родовища являє собою степову рівнину з незначним нахилом на південний схід. Абсолютні відмітки поверхні змінюються від 90,0 м на південному сході



**Рис. 1.** Схематична карта території досліджень з позначенням точок відбору зразків поверхневих та підземних вод

до 170,0 м на північному заході родовища. Територія планованої діяльності в орографічному відношенні є слабо горбистою степовою рівниною з абсолютними відмітками від 130 м у долинах річок до 170 м – на підвищеннях. У районі родовища поверхня порушена кар’єрами, відвалами, зонами обвалення шахт, відстійниками, штучними водоймами й іншими техногенними формами, які суттєво змінили природний рельєф місцевості. У гідрографічному відношенні район робіт являє собою басейн р. Інгулець з великою кількістю річок і тимчасових водотоків. Найбільш крупними з них є Бешка, Овнянка, Верблюжка, Кам’янка та балка Водяна.

*Геологічне середовище.* Балахівське родовище геоструктурно приурочене до північної частини Західно-Інгулецької зони розломів, Західно-Інгулецької структурно-фаціальній зони між Інгульським і Середньопридніпровським мегаблоками Українського щита (далі – УЩ). Пластоподібні поклади графітових руд повторюють у плані простягання вміщуючих порід. Рудовміщуючою є товща верхньої підсвіти родіонівської світи інгуло-інгулецької серії нижнього протерозою. У геологічній будові родовища беруть участь кристалічні породи верхньої та нижньої підсвіти родіонівської світи. Вуглець-карбонат теригенні утворення амфіболітової фації верхньої підсвіти характеризуються також наявністю на контактах мармурів і кальцифірів із гра-

нітами кіровоградського комплексу зональних магнєзіальних скарнів, що несуть рідкіснометалеве та поліметалічне зруденіння. За своїм первісним генезисом світа є типовою асоціацією осадових порід, утворених у мілководному басейні за умов гумідного клімату. Наявність графітвміщуючих гнейсів ще більше підтверджує їхнє первинно-осадове походження.

*Гідрогеологічні умови.* З погляду гідрогеологічного районування територія належить до водоносної системи УЩ. У гідрогеологічному розрізі виділяють два структурні поверхні [3]. Нижній поверх складений метаморфізованими дислокованими породами магматичних і метаморфічних утворень архею – протерозою, верхній – осадовими відкладами мезо-кайнозою. Гідрогеологічні умови цієї структури насамперед визначаються особливостями підземних вод зони тріщинуватості кристалічних порід докембрійського фундаменту, складеного різноманітними метаморфічними та магматичними утвореннями, серед яких переважають гнейси, граніти та мігматити. Геофільтраційні властивості кристалічних порід зумовлені їхньою вкрай нерівномірною ендо- й екзогенною тріщинуватістю за площею та на глибину, що також визначає нерівномірний ступінь їхнього обводнення. Загалом найбільш обводнені зони приурочені до понижених ділянок сучасного рельєфу, що збігаються з розвинутою гідрографічною мережею та великими балками. Потужність зон інтенсивної

тріщинуватості часто не перевищує 20 м від поверхні кристалічних порід на вододілах і 50 м у долинах річок і становить зазвичай 80–100 м від сучасної поверхні. Кора вивітрювання кристалічних порід безпосередньо визначає умови їхнього взаємозв'язку з водоносними горизонтами та комплексами осадових відкладів, що залягають вище, та, відповідно, умови живлення. Специфіка кори вивітрювання зумовлює її подвійну гідрогеологічну роль. У деяких умовах, залежно від літологічної будови, вона є або водоносним горизонтом, або водотривом. Регіональні закономірності свідчать, що повний розріз і більша потужність кори вивітрювання спостерігаються на вододільних ділянках. До прируслових частин її потужність зменшується, подекуди до цілковитого розмивання. Водоносні горизонти верхнього структурного поверху в осадових відкладах, що вирізняються невитриманими поширенням і потужністю, найчастіше приурочені до вододільних ділянок і розмиті в долинах річок [4]. За відсутності витриманих у розрізі слабопроникних відкладів між водоносними горизонтами є гідравлічний зв'язок. Водовмісні породи представлені переважно пісками, меншою мірою вапняками, мергельно-крейдяними відкладами, пісковиками з досить низькими фільтраційними властивостями. Поріві та порово-тріщинні води приурочені тут до порів'яно малопотужних осадових порід мезо-кайнозою, які плащоподібно залягають на еродованій поверхні кристалічного фундаменту. Ці води переважно є безнапірними та слабонапірними.

У межах досліджуваної території поширені три водоносні горизонти, які перебувають у тісному гідродинамічному зв'язку один з одним: водоносний горизонт у відкладах четвертинної системи (Q), водоносний горизонт у відкладах сарматського регіоярису верхнього міоцену (Nis), водоносний горизонт у зоні тріщинуватості кристалічних порід і їхньої кори вивітрювання (PRi). Четвертинний водоносний горизонт не має суцільного поширення; він приурочений до шару лесовидних суглинків, потужністю 8,0–15,0 м, які підстеляються червоно-бурими суглинками та пліоценовими червоно-бурими глинами, що характеризуються низькими фільтраційними властивостями. Водоносний горизонт у відкладах сарматського регіоярису верхнього міоцену приурочений до шару пісків і характеризуються суцільним площинним поширенням і активним водообміном з нижнім горизонтом кори вивітрювання. Потужність шару пісків змінюється від 0,5 до 7,0 м, піски дрібнозернисті та різнозернисті, на окремих ділянках із значною кількістю домішки гравію кристалічних порід. Глибина залягання рівнів підземних вод становить 26,0–30,0 м, усереднений коефіцієнт фільтрації – 0,018 м/добу. Водоносний горизонт у зоні тріщинуватості кристалічних порід і їхньої кори вивітрювання є напірним, залягає на глибині 100–150 м; на ділянці родовища обводнені гнейси різноманітного складу; коефіцієнти фільтрації – 0,08–0,45 м/добу, середній – 0,231 м/добу.

Живлення підземних водоносних горизонтів відбувається шляхом інфільтрації опадів осадовими гори-

зонтами. Розвантаження відбувається в гідромережу – р. Інгулець та її притоки, густу яружно-балкову мережу з тимчасовими водотоками, але, очевидно, за обсягом найбільше – у численні штучні водойми (кар'єрні ставки та запруды), зокрема – у відпрацьований і затоплений Балахівський кар'єр, де до 2004 р. видобувалося буре вугілля.

Гідрогеологічні умови території сприятливі для відкритої розробки родовищ корисних копалин, зокрема графіту. Безпосередньо в межах ліцензійної площі Південної ділянки Балахівського родовища графіту виділені два водоносні горизонти, які є потенційним джерелом водоприпливу до кар'єру: ненапірний у неогенових пісках і напірний у тріщинуватій зоні кристалічних порід (величина напору – до 20 м).

Для уточнення раніше отриманої інформації про геоекологічні та гідрохімічні показники навколишнього середовища на території планованої діяльності та поблизу неї в період з осені 2022 р. до літа 2023 р. було проведено комплекс польових натурних вишукувань для визначення фонових показників (базового стану) якості довкілля.

На попередньому етапі дослідження автори вивчили загальний хімічний склад досліджуваних вод і виконали його порівняльний аналіз. Результати загального хімічного аналізу зразків води представлені в табл. 1–2.

З метою візуалізації загального хімічного складу досліджуваних вод було побудовано діаграму Пайпера (рис. 2) та складено формулу Курлова (табл. 3).

Установлено, що за своїм хімічним складом поверхневі води є сульфатно-гідрокарбонатними магнієво-кальцієво-натрій-калієвими, підземні – гідрокарбонатно-сульфатними магнієво-кальцієво-натрій-калієвими. Отже, спостерігається подібність за катіонним складом, натомість за співвідношенням аніонів води різняться. У поверхневих водах переважає сульфат-іон, у підземних – гідрокарбонат.

Згідно з нормативними документами, у поверхневих водах зафіксоване перевищення допустимих значень за вмістом Ca, Mg, SO<sub>4</sub>, Na та K, у підземних – за Ca, SO<sub>4</sub>, мінералізацією, Na та K.

Згідно з ДСТУ 4808:2007 була оцінена якість досліджених вод. За блоком загальносанітарних хімічних показників поверхневі води за середніми значеннями блокового індексу ( $I_{\text{лсер.}} = 2,1$ , клас 2, підклас 2) можна схарактеризувати як «добрі», чисті води прийнятної якості.

Відповідно, підземні води за середніми значеннями блокового індексу ( $I_{\text{лсер.}} = 2,3$ , клас 2, підклас 2) так само можна схарактеризувати як «добрі», чисті води прийнятної якості.

На наступному етапі дослідження було вивчено мікроелементний склад зразків досліджуваних підземних вод. Загалом було проаналізовано 9 мікроелементів (табл. 4). Вибір даних хімічних елементів зумовлений тим, що Всесвітньою організацією охорони здоров'я для них встановлена біологічна роль. Це дає змогу оцінити підземні води з погляду потенційних ризиків для здоров'я населення, яке їх споживає. Для

Загальний хімічний склад зразків води з поверхневих джерел

Найменування показника	Значення показника (медіанне)	Гранично допустима концентрація (ГДК) за «Гігієнічними нормативами <...>»*	Гранично допустима концентрація (ГДК) за «Переліком <...>»*	Клас якості води за ДСТУ 4808:2007**
pH	8,1	6,5–8,5	не нормується	2
Жорсткість, мг-екв/дм <sup>3</sup>	3,7	не визначають	не нормується	2
Кальцій, мг/дм <sup>3</sup>	126	200	180	не визначають
Магній, мг/дм <sup>3</sup>	51,6	50	40	3
Лужність, мг-екв/дм <sup>3</sup>	6,6	не визначають	не нормується	4
Гідрокарбонати, мг/дм <sup>3</sup>	430,2	не визначають	не нормується	не визначають
Хлориди, мг/дм <sup>3</sup>	159,8	350	300	3
Сульфати, мг/дм <sup>3</sup>	329	500	100	4
Залізо загальне, мг/дм <sup>3</sup>	0,05	0,3	0,1	2
Сухий залишок, г/дм <sup>3</sup>	1,5	1	не нормується	4
Na + K сумарно, мг/дм <sup>3</sup>	247,2	не визначають	170	не визначають

Примітка. Загальна кількість зразків – 10.

\* Гігієнічні нормативи якості води водних об'єктів для задоволення питних, господарсько-побутових та інших потреб населення (2022 р.).

\*\* Перечень рыбохозяйственных нормативов, предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды и водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение

\*\*\* ДСТУ 4808:2007 «Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні та екологічні вимоги щодо якості води і правила вибирання».

Таблиця 2

Загальний хімічний склад зразків підземних вод

Найменування показника	Значення показника (медіанне)	Гранично допустима концентрація за ДСТУ 7525:2014*	Гранично допустима концентрація за ДСанПіН 2.2.4-171-10**	Клас якості води за ДСТУ 4808:2007***
pH	7,5	6,5–8,5	6,5–8,5	2
Жорсткість, мг-екв/дм <sup>3</sup>	6,05	7	10	2
Кальцій, мг/дм <sup>3</sup>	156,3	130	не визначають	не визначають
Магній, мг/дм <sup>3</sup>	72,9	80	не визначають	4
Лужність, мг-екв/дм <sup>3</sup>	6,2	6,5	не визначають	3
Гідрокарбонати, мг/дм <sup>3</sup>	378,3	не визначають	не визначають	не визначають
Хлориди, мг/дм <sup>3</sup>	117	150	350	1
Сульфати, мг/дм <sup>3</sup>	324	150	500	2
Залізо загальне, мг/дм <sup>3</sup>	0,06	відсутність	1	1
Сухий залишок, г/дм <sup>3</sup>	1,2	1	1,5	3
Na+K сумарно, мг/дм <sup>3</sup>	194	≈92	не визначають	не визначають

Примітка. Загальна кількість зразків – 5.

\* ДСТУ 7525:2014 Державний стандарт України «Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості».

\*\* ДСанПіН 2.2.4-171-10 Державні санітарні норми та правила «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною».

\*\*\* ДСТУ 4808:2007 «Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні та екологічні вимоги щодо якості води і правила вибирання».

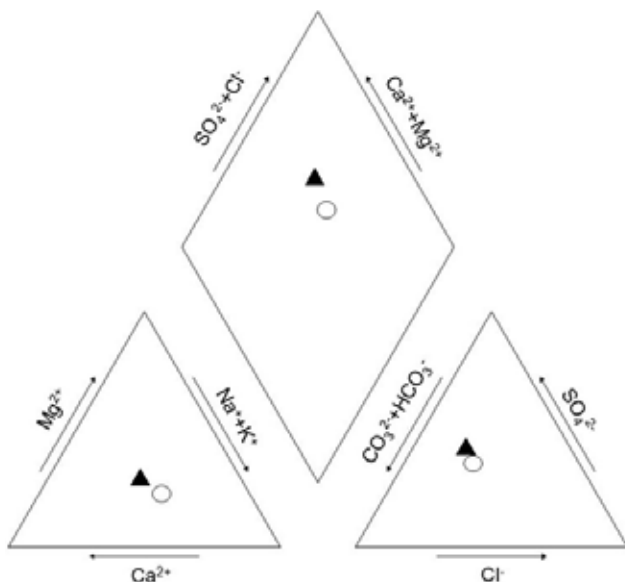
Таблиця 3

Формула Курлова, складена для досліджуваних вод

Поверхневі води	Підземні води
$1,5 \frac{HCO_3 38,5 SO_4 37 Cl 24,5}{(Na + K) 46,7 Ca 27,3 Mg 26} pH 8,1$	$1,2 \frac{SO_4 41,4 HCO_3 38,3 Cl 20,3}{(Na + K) 38 Ca 35 Mg 27} pH 7,5$

еколого-геохімічної оцінки якості досліджених підземних вод було застосовано критерій біологічно значущої концентрації (далі – БЗК) [5]. За відповідною методикою було розраховано біологічно значущі концентрації цих елементів.

Було з'ясовано, що для обстежених поверхневих і підземних вод за ГДК перевишень не фіксується. Натомість для підземних вод концентрація мангану перебуває на межі допустимого значення. Що стосується біологічно значущих концентрацій, то в обстежених



**Рис. 2. Діаграма Пайпера, що відображає макрокомпонентний склад досліджуваних вод:**  
○ – поверхневі води, ▲ – підземні води

підземних водах зафіксована нестача таких елементів: V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Cd та Pb.

**Висновки.** Після проведених моніторингових досліджень були отримані такі результати. Поверхневі та підземні води Балахівської ділянки мають переважно високу мінералізацію, що відповідає регіональним даним. У досліджених водах домінують сульфати або гідрокарбонати. За катіонним складом води є переважно кальцієво-натрієві чи магнієво-натрієві. За блоком загальносанітарних хімічних показників поверхневі та підземні води характеризуються як «добрі», чисті води прийнятної якості.

Якість води в р. Інгулець на час відбору проб незадовільна за вмістом нітратів і близька до незадовільної за вмістом кисню та його хімічним споживанням. Важливо зазначити, що на обстеженій ділянці вниз за течією якість води не зазнає суттєвих змін, що дозволяє констатувати, що забруднення річки відбувається вище с. Новий Стародуб і води, які надходять сюди, уже мають у своєму складі шкідливі домішки та є досить мінералізованими, а місцеві скиди на якість води в Інгульці помітно не впливають.

З отриманих результатів проб підземних води можна констатувати, що якість води загалом гірша в досліджених свердловинах в с. Олександрівка, с. Пустельникове, смт Балахівка та с. Новий Стародуб, ніж у р. Інгулець і р. Вівнянка й навіть у більшості водойм – як у кар'єрних озерах, так і у ставках-запрудах.

Таблиця 4

**Мікроелементний склад зразків досліджуваних вод**

Мікроелемент, мг/дм <sup>3</sup>	Поверхневі води	Підземні води	БЗК*	ГДК за «Гігієнічні нормативи <...>»**	ГДК (за ВООЗ)
V	0,002394	0,0019	0,025	0,1	не нормується
Cr	0,0004315	0,000152	0,00175	0,5	0,05
Mn	0,034549	0,083247	0,05	0,1	0,08
Co	0,000189	0,000131	0,0075	0,1	не нормується
Ni	0,002067	0,000351	0,0075	0,1	0,07
Cu	0,001447	0,000849	0,025	1	2
Zn	0,009122	0,00728	0,3	1	3
Cd	0,000456	0,000439	0,0025	0,001	0,003
Pb	0,000193	0,000048	0,01	0,03	0,01

Примітка:

\*БЗК – біологічно значуща концентрація.

\*\* Гігієнічні нормативи якості води водних об'єктів для задоволення питних, господарсько-побутових та інших потреб населення (2022 р.).

Згідно з нормативними документами, у поверхневих водах зафіксоване перевищення допустимих значень за вмістом Ca, Mg, SO<sub>4</sub>, Na та K, у підземних – за Ca, SO<sub>4</sub>, мінералізацією, Na, K та Mn. За величиною БЗК зафіксовано нестачу в підземних водах таких елементів: V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Cd та Pb. Варто зауважити, що основні гідрохімічні показники, як-от мінералізація, лужність, жорсткість, уміст головний іонів – аніонів (сульфатів, гідрокарбонатів, хлоридів) і катіонів (кальцію, магнію, натрію та калію), мають природне походження і не належать до забруднювальних речовин; їхні кількісні параметри визначаються геохімічними особливостями місцевості та геологічними умовами залягання водоносних горизонтів.

Для подальших досліджень стану та якості підземних вод на території потенційного впливу підприємства з видобування графіту на Балахівському родовищі, яке планується створити, необхідне улаштування спостережних свердловин на щонайменше два водоносні горизонти за межами населених пунктів на ліцензійній площі, або в місцях, наближених до неї.

Проведені еколого-гідрохімічні дослідження дали змогу встановити фонові показники базового стану якості довкілля обстеженої території. Також надалі необхідно проводити спостереження за змінами хімічного складу поверхневих і підземних вод Південної ділянки Балахівського родовища графіту за безпосередньої роботи гірничо-видобувного підприємства.

### Література:

1. Metamorphization of the groundwaters chemical composition within the Saksagansk-Sursk ore district of the Dnipropetrovsk region during longstanding exploitation / T. Koshliakova et al. *Abstracts of XVII International Scientific Conference "Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment"*, 7–10 November 2023, Kyiv, Ukraine.
2. Верховцев В.Г., Тищенко Ю.Є. Проведення посезонних комплексних екологічних досліджень у зоні планованого розташування підприємства з видобування, перероблення та збагачення корисних копалин Південної ділянки Балахівського родовища графіту в Олександрійському районі Кіровоградської області : звіт про виконання науково-дослідних робіт. Київ, 2023. Том 1. 251 с.
3. Сучасні підходи до гідрогеологічного районування України / В.М. Шестопапов та ін. *Мінеральні ресурси України*. 2019. № 2. С. 3–12.
4. Шерстюк Н.П., Носова Л.О. Аналіз хімічного складу підземних вод водоносних горизонтів четвертинних відкладів території Північного гірничо-збагачувального комбінату (Кривбас). *Вісник Дніпропетровського університету*. Серія «Геологія, географія». 2016. № 1 (24). С. 151–157.
5. Злобіна К.С. Геохімія питних артезіанських вод бортової частини Дніпровського артезіанського басейну (на прикладі м. Київ) : автореф. дис. ... канд. геол. Наук : 04.00.02. Київ, 2013. 20 с.

### References:

1. Koshliakova, T., Verkhovtsev, V., Lunov, Eu., Tyshchenko, Yu., Shkapenko, V. (2023). Metamorphization of the groundwaters chemical composition within the Saksagansk-Sursk ore district of the Dnipropetrovsk region during longstanding exploitation. *Abstracts of XVII International Scientific Conference "Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment"* (7–10 November 2023, Kyiv, Ukraine).
2. Verkhovtsev, V.G., Tyshchenko, Yu. Ye. (2023). Provedennya posezonnykh kompleksnykh ekolohichnykh doslidzhen' u zoni planovanoho roztashuvannya pidpryyemstva z vydobuvannya, pereroblennya ta zbahachennya korysnykh kopalyn Pivdennoyi dilyanky Balakhivs'koho rodovyshcha hrafitu v Oleksandriys'komu rayoni Kirovohrads'koyi oblasti [Conducting post-season complex environmental studies in the area of the planned location of the mineral extraction, processing and beneficiation enterprise of the Southern section of the Balakhiv graphite deposit in the Oleksandriysk district of the Kirovohrad region]. Report on the research works performance. Kyiv. T. 1. 251 p. [in Ukrainian].
3. Shestopalov, V.M., Lyutyi, G.G., Sanina, I.V. (2019). Suchasni pidkhody do hidroheolohichnoho raionuvannya Ukrainy [Modern approaches to hydrogeological zoning of Ukraine]. *Mineral resources of Ukraine*. Volume 2. P. 3–12 [in Ukrainian].
4. Sherstuk, N.P., Nosova, L.A. (2016). Analiz khimichnoho skladu pidzemnykh vod vodonosnykh horyzontiv chetvertynnykh vidkladiv terytorii Pivnichnoho hirnycho-zbahachuvalnoho kombinatu (Kryvbas) [Analysis of the chemical composition of the groundwater aquifers of Quaternary sediments of the Northern mining and processing plant (Kryvbas)]. *Dnipropetrovsk University Bulletin. Series geology, geography*. Vol. 1 (24). P. 151–157 [in Ukrainian].
5. Zlobina, K.S. (2013). Heokhimiia pytnykh artezianskykh vod bortovoi chastyny Dniprovskoho artezianskoho baseinu (na prykladi m. Kyiv) [Geochemistry of potable artesian waters of the lateral part of the Dnieper artesian basin (on the example of the city of Kyiv)]. Thesis for the scientific degree of Candidate of Geological Sciences, the speciality 04.00.02 "Geochemistry". M.P. Semenenko Institute of geochemistry, mineralogy and ore formation of the National Academy of Sciences of Ukraine. Kyiv. 20 p. [in Ukrainian].