

ОЦІНЮВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ НЕБЕЗПЕКИ ВПЛИВУ ШАХТНИХ ВОД СТАВКА-НАКОПИЧУВАЧА Б. ТАРАНОВА НА ВОДНЕ СЕРЕДОВИЩЕ ЗАХІДНОГО ДОНБАСУ

Улицький О.А., Д'яченко Н.О., Бойко К.Е.,
Орловський А.В., Артеменко І.О., Зосима В.Г.

Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління
вул. Митрополита Василя Липківського, 35, корп. 2, 03035, м. Київ
natalidyachenko1969@gmail.com

Визначено рівень екологічної небезпеки впливу шахтних вод ставка-накопичувача у балці Таранова на водне середовище Західного Донбасу. Доведено, що експлуатація накопичувача негативно впливає на стан водойм, адже здійснюється забруднення підземних вод унаслідок інфільтраційних втрат та зміни хімічного складу води річок Самари і Вовчої (через зону аерації). Підтверджено, що вода у ставку-накопичувачу належить до третього класу небезпеки за загальними показниками якості промислових вод, що скидаються у відкриті водойми. Встановлено, що за показником індексу забруднення води річок Самари та Вовчої (скид води зі ставка-накопичувача) належать до III класу якості. Доведено що вміст хлору в річці Самарі перевищує гранично допустиму концентрацію (далі – ГДК) у 2,66 раза, вміст сульфатів – 3,01 раза. Вміст сульфатів та хлоридів підвищується щороку. Уперше для ставка-накопичувача в балці Таранова проведено розрахунок коефіцієнта інфільтрації шахтних вод у водоносні горизонти, який дорівнює у середньому 0,279, а також розрахований обсяг скинутих у довкілля речовин у воді солей та мінеральних речовин (20 876 т на рік). Уперше здійснений розрахунок рівня підземних вод показав, що в берекському водоносному горизонті він піднявся на 4,2 м; межигірському – на 4,9 м; у бучаксько-обуховському – майже не змінився. Характер змін рівнів є циклічним, постійним і стаціонарним відповідно. Зазначено, що швидкість вищення рівнів підземних вод у ближчих до поверхні горизонтах утричі перевищує швидкість тих, що залягають нижче. Розрахункова швидкість приросту рівнів підземних вод в останні роки становить у середньому 0,6 метра на рік. *Ключові слова:* Західний Донбас, екологічна небезпека, мінералізація, індекс забруднення води, ставок-накопичувач, шахтні води, водоносні горизонти.

Ecological danger estimation of mine waters pound-accumulator Taranova wash influence on a water environment Western Donbass. Ulytsky O., Diachenko N., Boiko K., Orlovsky A., Artemenko I., Zosima V.

The work is done ecological danger estimation of mine waters pound-accumulator influence on a water environment (Taranova wash). For the first time it was established the water in the reservoir belongs to the 3rd class of danger according to the general indicators of industrial waters quality discharged into open reservoirs. It was established that according to the water pollution index (WPI), the waters of the rivers Samara and Vovcha, where water is discharged from the storage pond, belong to the III quality class. It is proved the chlorine content in Samara river exceeds the maximum permissible concentration (MPC) by 2.66 times, the sulfate content – by 3.01 times. It was found the content of sulfates and chlorides gradually increases every year. For the first time, the coefficient of infiltration (Cinf) of mine waters into aquifers, which is 0.279, was calculated for the Taranov wash storage pond. The volume of substances (salts, minerals, macro- and microelements dissolved in water) released into the environment was calculated as well, which is equal to 20876 tons per year. For the first time, it was calculated that the groundwater level rose by 4.2 m in 24 years – in the closest to the Berek surface suite horizon. The nature of the level change is cyclical. In the Mezhygorsk aquifer, the groundwater level rose by 4.9 m. The nature of the level change is constant. In the Buchach-Obukhov horizon, the level has not changed, i.e., it is stationary. For the first time it was found the rate of rise of levels in the overlying horizons (closer to the surface) is 3 times higher than the one in the horizon below. The growth rate of groundwater levels was calculated, which is equal to 0.6 m/year. *Key words:* Western Donbass, environmental danger, mineralization, water pollution index, collection rate, mine water, water horizons.

Постановка проблеми. Розв'язання екологічних проблем та сучасне стратегічне оцінювання екологічної небезпеки (далі – ЕН) негативних змін у водному середовищі (далі – ВС) під впливом виробничої діяльності шахт – одне зі стратегічних завдань України. Технологія розробки вугілля Західного Донбасу (далі – ЗД) масштабно впливає на регіональні зміни гідродинамічного режиму та геохімічного складу поверхневих та підземних вод (далі – ПВ) унаслідок скидання або довільного стоку шахтних вод (далі – ШВ). Ставки-накопичувачі (далі – СН) скинутих ШВ побудовані ще в 70-х роках і не відповідають сучасним вимогам гідро- і протифільтраційного захисту водовмісної частини.

Актуальність дослідження. Мінералізовані ШВ, що скидаються у СН, в процесі інфільтрації забруднюють підземні та поверхневі водоносні горизонти, що забезпечують водопостачання населенню (колодязі, водозабори). Але сучасний рівень очищення ШВ не завжди дозволяє отримати нормальну якість води. Отже, вона може стати потенційним джерелом надходження шкідливих хімічних речовин, тому оцінювання ЕН впливу шахтних вод у ставках-накопичувачах є актуальним науковим завданням, що має вагомое практичне значення для охорони ВС ЗД.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Досліджувана проблема має ознаки міждисциплі-

нарних досліджень (екологічного, еколого-геологічного, еколого-хімічного та еколого-правового напрямів урегулювання питань), бо містить усі складники взаємовідносин людини та техногенезу в середовищі проживання. Таким чином, стан та ступінь урегулювання питань з оцінки ЕН негативних змін ВС (рівня та хімічного складу ґрунтових і підземних вод) у зонах СН гірничопромислових агломерацій у роботі розглянуті з двох позицій: законодавчо-нормативної та еколого-геологічної, або суто екологічної. Вимоги чинного законодавства України [1–2] визначають правові та організаційні засади оцінки впливу на довкілля, спрямованої на запобігання шкоді довкіллю, забезпечення екологічної безпеки, охорони НС та зумовлюють необхідність розробки нових заходів та концептуальних підходів до розв'язання вищезазначених питань охорони водних ресурсів та НС у вугільних регіонах.

Отже, з метою оцінки ЕН негативних змін у підземних та поверхневих водах, спричинених діяльністю вугільних шахт та їх окремих комплексів, у науковій праці використані загальні поняття щодо: ШВ, що скидаються у СН та на денну поверхню; процесів забруднення підземних та поверхневих вод; мінералізації, хімічного складу та технічних показників ВС на досліджуваних територіях.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Основними причинами забруднення ВС від діяльності вугледобувних підприємств та їх окремих виробничих споруд (очисні споруди, СН) є: вплив на водоносні підземні горизонти; порушення гідрологічного й гідрохімічного режимів підземних та поверхневих вод унаслідок притоку ШВ; забруднення природних об'єктів (річка, водойми, яр-балочна мережа) промисловими високомінералізованими водами.

Вивченню впливу гідрооб'єктів шахтного виробництва на екологічний стан НС присвячені численні дослідження науковців. Це синтез трьох основних напрямів: експериментального моделювання та аналітичних досліджень, що дозволяють визначити подібність між фізичною (математичною) моделлю і натурним об'єктом та створити прогноз [3–5]; статистичного, що дозволяє враховувати головні режимоутворювальні фактори (основа досліджень – парні і множинні кореляційні зв'язки рівнів або витрат ПВ та їх хімічний склад з основними метеорологічними чинниками) [6]; польових натурних спостережень, моніторингу за гідродинамічною та гідрохімічною ситуаціями та обліку змін факторів впливу на довкілля [7–9].

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, яким присвячується означена стаття. Дійсна нормативна база, дослідження та висновки науковців не завжди дозволяють урахувати особливості еволюції ВС, яка відбувається внаслідок шахтоосушування та водозабірних заходів на локальних територіях, як фактора, що зумовлює ЕН для природного середовища навколо відстійни-

ків та СН ШВ вугледобувних підприємств. Питання значення ступеня і характеру впливу ШВ балки Таранова на ВС та оцінка ЕН (згідно з наявними класами небезпечності) ніколи не досліджувалися ні з екологічної, ні з еколого-геологічної точок зору.

Новизна. Авторами вперше розраховано коефіцієнт інфільтрації СН ШВ б. Таранова, проведено оцінку змін мінералізації ВС навколо СН та визначено індекси забруднення води у річках Самарі та Вовчій із використанням сучасних та ретроспективних даних режимних гідрологічних спостережень у відомчій мережі свердловин «Павлоградвугілля» [10], моніторингових гідрохімічних показників Державного агентства водних ресурсів України [11].

Виклад основного матеріалу. СН ШВ у б. Таранова (рис. 1) розташований у природній балці за 1 км на південний схід від с. Богданівка на поле шахти «Дніпровська». Об'єкт уведено в експлуатацію у 1972 році. Під час будівництва СН гирло природного яру перекрили дамбою з відвальних шахтних порід. Найближчі населені пункти: села Благодатне, Богданівка, хутір Тельмана (с. Шахтарське). У безпосередній близькості розташовуються Світлогорський та Самарський водозабори. Поверхня шахтного поля – це заплава р. Самара з численними балками та ярами. Значна частина заплави річки покрита лісонасадженнями і заболочена. Абсолютні відмітки рельєфу коливаються від +66,7 м до +82,5 м. Зона аерації днища та схилів балки – це лесоподібні суглинки та поклади червоно-бурої глини (потужністю до 37 м).

Геологічна будова досліджуваної території – породи докембрійського фундаменту, що перекриті потужним комплексом осадових продуктивних відкладів нижнього карбону. Більшість порід мають виразну слоїстість, у нашаруваннях якої спостерігається слюди́ста присипка, яка сприяє збільшенню мінералізації ШВ завдяки вмісту силікатів, водних алюмосилікатів, лужних та лужноземельних металів та основних хімічних компонентів (K, Na, Li, Mg, Fe, Al); осадові утворення тріас-юрського, палеогенового (дуже обводненні піски берекського, межигірського, бучаксько-обуховського палеоюрусів), неогенового (кварцові піски та глини сарматського ярусу) і четвертинного (дрібно- і середньозернисті піски, лесоподібні суглинки, глини, мулисті ґрунти) віку.

Накопичувач ШВ у б. Таранова підроблений гірничими роботами ш. «Дніпровська», що розташовані на невеликих глибинах. Останні створили додаткову систему тріщинуватості у верхній частині осадових надкарбонівих відкладів (наносів). У накопичувач ШВ скидаються трьома шахтами (табл. 1). Об'єми скинутої води значно перевищують його ємність. Наприклад, за даними [10], зі скинутих ШВ в об'ємі 14,6 млн. м³, зважаючи на недостатню ємність СН б. Таранова, 7,01 млн.м³ шахтної води перекачується в СН б. Свідок (табл. 1), а 1,32 млн.м³ скидається на рельєф у заплаву р. Самара.

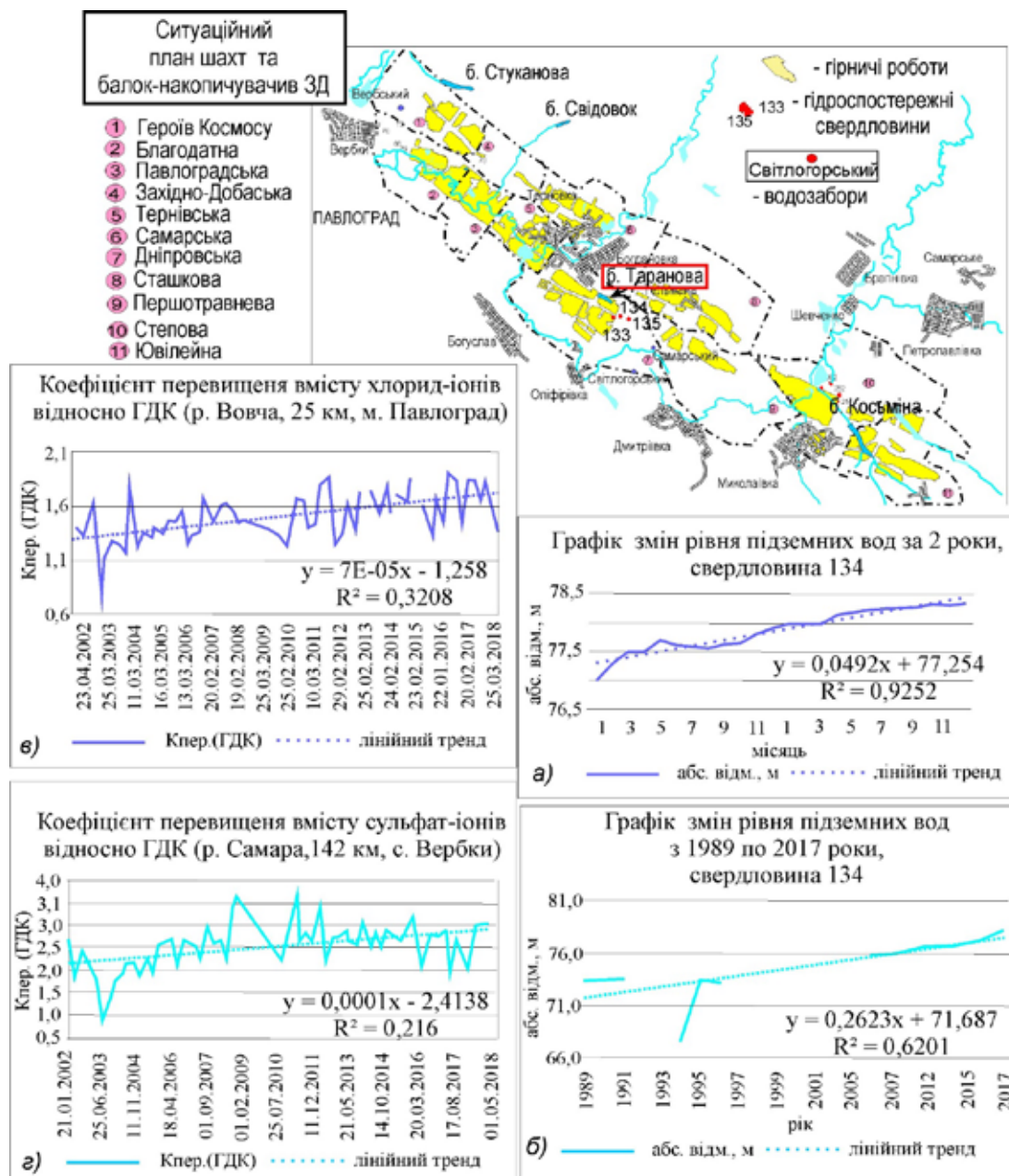


Рис. 1. Ситуаційний план шахт, СН, селищ, водозаборів та річної мережі ЗД із деталізацією змін: а, б – рівня підземних вод (свердловина 134) з апроксимацією лінійними трендами з рівняннями; в, г – коефіцієнта перевищення (Кпер) вмісту хлорид та сульфат-іонів щодо ГДК, р. Вовча, р. Самара

Тобто з усіх скинутих ШВ до ставка б. Таранова надходять 43% забрудненої води. Здійснений розрахунок коефіцієнта інфільтрації ($K_{\text{інф}}$) ШВ з усіх ставків у водоносні горизонти засвідчує, що він дорівнює приблизно 0,279 (табл. 1). Отже, майже третина мінералізованих ШВ повертаються до підземних горизонтів. Це означає, що або екранізація днища виконана частково, або гідроекрани перебувають у неналежному стані, або гарантійний термін їх експлуатації закінчився.

Найголовніше – розподіл забруднених вод: у природне середовище скидається понад 64% ШВ, а у СН залишається лише 36%. Якщо на довкілля

з б. Таранова скидається 3,07 млн м^3 шахтної води, за мінералізації 6,8 $\text{г}/\text{дм}^3$ за рік у НС надійшло 20 876 т розчинених у воді речовин (солей, мінеральних речовин, макро- і мікроелементів). Якісний та кількісний склад ШВ у СН в балці Таранова представлено у таблиці 2. Отже, лужність ($\text{Na}+\text{K}^+$) за норми не більше 6,5 $\text{мг}/\text{дм}^3$ (для питної води) перевищує ГДК у 320 разів. Жорсткість (уміст солей $\text{Ca}^{++} \text{Mg}^+$) за норми не більше 10 $\text{мг}/\text{дм}^3$ (для питної води) перевищує ГДК у 36,6 раза. Хлориди (Cl^-) за норми 350 $\text{мг}/\text{дм}^3$ (допустимі концентрації забруднювальних речовин (далі – ДКЗР) у стічних водах) перевищують ГДК у 10 разів. Магній (Mg)

за норми 40 мг/дм³ (ДКЗР у стічних водах) перевищує ГДК у 3,6 раза. Сульфати (SO₄) за норми 400 мг/дм³ (ДКЗР у стічних водах) перевищують ГДК у 1,1 раза.

Вода належить до 3 класу небезпеки. Вміст таких компонентів, як Na, Mg, хлориди, сульфати, значно перевищує ГДК. Тому такі води не можуть бути рекомендовані для водопостачання та не відповідають ГДК і ОБУВ для рибогосподарських водойм, а також вимогам до стічних вод для зрошення.

Проблемним питанням змін ВС у районах вугледобування є підземні води (ПВ). Спостереження за режимом ПВ здійснювалося на 3 наглядних свердловинах (133–135) відомчої мережі «Павлоград-вугілля» (рис. 1), обладнаної на бучакського-обухівського, межигірського та берекського ВГ. За класифікацією, наведеною в [12], кислотно-лужний баланс вод у свердловинах представлено в таблиці 3.

За даними [12], кислих підземних вод у районі вугільних родовищ не існує, тоді як кислі ШВ утворюються у старих виробках. Імовірно, межигірський ВГ приймає ШВ, що утворюються в старих виробках. У водах берекського ВГ навколо СН

мінералізація змінилася щодо початкової понад утричі (табл. 3). При цьому розраховано, що рівень підземних вод в найближчому до поверхні (берекському) ВГ піднявся на 4,2 м; межигірському – на 4,9 м; бучакського-обухівському – майже не змінився. Характер змін рівнів є циклічним, постійним і стаціонарним відповідно.

За розрахунком апроксимація лінійним трендом змін рівня ПВ – рис. 1, а) швидкість приросту рівнів ПВ дорівнює 0,0492 м/місяць або 0,6 м/рік (за останній період часу) та приблизно 0,26 м/рік за аналізом змін із 1989 року (рис. 1, а, б). Отримане рівняння тренду (рис. 1, а) може бути використане для прогнозування значення рівня на наступні періоди ($R^2 = 0,9252$) та свідчить про подальше підвищення рівнів ПВ у межигірському ВГ. Тобто в результаті постійної інфільтрації ШВ спостерігається підйом рівня ПВ. Формування режиму підземних вод у районі СН відбувається за рахунок інфільтрації мінералізованих ШВ. Наслідком значних фільтраційних втрат у районі СН є підвищення рівня води у ВГ олігоцен-міоценових четвертинних та межигірських відкладів на площі до 45 км². За розрахун-

Таблиця 1

Об'єми шахтних вод, що скидалися у СН та їх мінералізація [10]

| СН | Шахта | V ШВ, тис.м ³ | M вод у СН, г/дм ³ | Місце скидання | V скид. ШВ, млнм ³ | K _{інф} СН | Місто скидання | V скид млнм ³ |
|----------------|---|----------------------------------|----------------------------------|-------------------|-------------------------------------|------------------------|---|------------------------------|
| Балка Мікуліна | Павлоградська Благодатна | 539,9 767,5 | 5,8 | СН | 18,34 | 0,279 | | |
| Балка Свідовок | Павлоградська Благодатна Зах. Донбаська Тернівська | 1287,3 550,4 195 2643,5 | 8,0 | | | | | |
| Балка Таранова | Дніпровська Самарська Ім. Сташкова | 2344,9 3677,8 8935,3 | 6,8 | інфільтрація | 5,12 | | Таранова Свідовок рельєф інфільтр. | 6,27 7,01 1,32 1,75 |
| Балка Космінна | Ювілейна Степова | 7575,0 7840,7 | 3,4 | рельєф | 1,32 | | | |
| Всього | 11 | 36357,3 | | | 36,36 | | | 14,6 |

Примітка: M – мінералізація, V – об'єм скинутих вод, $K_{інф} = \frac{V_i}{V_0}$, де – V_i – об'єм води, що інфільтрувалася у СН; V₀ – об'єм ШВ, що скинута

Таблиця 2

Якісний склад та мінералізація води в СН в балці Таранова [10]

| Катіони та аніони | SO ₄ ⁻ | HCO ₃ ⁻ | Na+K ⁺ | Cl ⁻ | Ca ⁺ | Mg ⁺ |
|--------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Склад, г/дм ³ | 447.6 | 268.3 | 2084.49 | 3546.00 | 220.44 | 145.92 |

Таблиця 3

Характеристика гідрогеологічних спостережних свердловин

| № свердловини | Водоносний горизонт | Рівень підземних вод, м | Глибина відбору проб, м | pH | Води за складом по клас. [12] | M, г/дм ³ поч./н.ч |
|---------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|------|-------------------------------|-------------------------------|
| 133 | берекський | 33.98 | 46,5 | 8,4 | нейтральні | 2,54/9,0 |
| 134 | межигірський | 34.05 | 68,0 | 6,2 | кислі | 2.77/8,3 |
| 135 | бучакського-обухівський | 41.2 | 89,5 | >8,4 | солоні | 3,0/5,84 |

ками швидкість підвищення рівнів у ближчих до поверхні горизонтах утричі перевищує швидкість вищення в горизонтах, що залягають нижче.

Основним водотоком, що опосередковано приймає ШВ із СН, є р. Самара та р. Вовча. На підставі проведених авторами досліджень та аналізу регулярних спостережень за гідрохімічним режимом вод річок Самари та Вовчої на двох водопостах (р. Вовча (Павлоград 25 км), р. Самара (142 км, с. Вербки)) [11] визначено рівень змін у водосольовому режимі річок на ділянках ЗД (рис.1, в, з). Отримані результати засвідчують, що зміст хлору в р. Самара перевищує ГДК у середньому у 2,66 раза, зміст сульфатів – 3,01 раза, тобто 3 клас небезпеки за прийнятими загальними показниками якості навіть для промислових вод.

Слід констатувати, що рівняння трендів, отримані з аналізом графіків (рис. 1, в, з), не можуть бути використані для оцінки та прогнозування змін коефіцієнтів перевищення вмісту забруднювачів щодо показників ГДК, адже вони мають досить слабкі прогнозні властивості – R^2 (0,3208, 0,216). Проте вони відображають загальну тенденцію, адже вміст хлоридів або сульфатів у річках поступово підвищується щороку.

Проведений розрахунок індексу забруднення води (далі – ІЗВ) за середньорічними концентраціями інгредієнтів, які роблять найбільший внесок у забруднення водного об'єкта (
$$ІЗВ = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{C_i}{ГДК_i}}{n}$$
, де – ГДК і – речовини для вод водного об'єкта конкретного виду водокористування, мг/дм³; n – кількість показників, що беруть участь у розрахунку), свідчить про те, що показник ІЗВ в р. Самара дорівнює 2,16 та в р. Вовча – 2,06, тобто III клас забруднення води. Склад ПВ нестійкий і змінюється протягом року. Зміна хімічного складу ПВ відбувається, як наслідок, через скидання ШВ у річкову мережу, спричиняючи збільшення мінералізації та вмісту іонів натрію, хлору, сульфатів.

Головні висновки. У роботі оцінена ЕН впливу ставка-накопичувача у б. Таранова на ВС території ЗД. Доведено, що експлуатація СН має негативний вплив на ВС, адже забруднення ПВ в результаті інфільтраційних втрат із б. Таранова впливає на зміну хімічного складу води річок Самара і Вовча (через зону аерації). Уперше визначено, що вода у СН належить до 3 класу небезпеки за загальними показниками якості промислових вод, що скидаються у відкриті водойми. Встановлено, що за показником ІЗВ води річок Самара та Вовча (скид води зі СН) належать до III класу якості. Доведено, що вміст хлору в р. Самара перевищує ГДК у 2,66 раза, вміст сульфатів – 3,01 раза. Виявлено, що вміст останніх у річках підвищується щороку. Уперше для СН б. Таранова проведено розрахунок $K_{інф}$ ШВ у ВГ (0,279) та розраховано обсяги скинутих у довкілля розчинених у воді солей та мінеральних речовин (20 876 т/рік). Зазначається, що рівень ПВ: у берекському горизонті підвищився на 4,2 м; межигірському – на 4,9 м; бучаксько-обуховському – майже не змінився. Характер змін рівнів є циклічним, постійним і стаціонарним відповідно. Встановлено, що швидкість вищення рівнів вод у ближчих до поверхні горизонтах утричі перевищує швидкість підйому рівнів у горизонті, що залягає нижче. Розрахована швидкість приросту рівнів ПВ дорівнює в середньому 0,6 м/рік. З'ясовано, що води СН належать до хлоридо-натрієвого типу, є високомінералізованими та зі значним змістом сульфатів; мінералізація і хімічний склад ШВ безпосередньо залежать від якості скинутих вод і схильні до значних змін у часі, для питного водопостачання ПВ не придатні.

Перспективи використання результатів дослідження. Отримані результати сучасного рівня «шахтного» навантаження на ВС ЗД можна використовувати для прийняття відповідних рішень щодо: створення сучасних бар'єрів на шляху проникнення ШВ у НС; оздоровлення малих річок; прогнозування забруднення ВС скинутими водами підприємств.

Література

1. Про затвердження Правил охорони поверхневих вод від забруднення зворотними водами : постанова КМУ від 25.03.1999. № 465. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/465-99-%D0%BF#Text>.
2. ДСТУ 4808:2007. Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні та екологічні вимоги щодо якості води і правила вибирання Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2007. 36 с.
3. Мнухина Н.А. Шахтные воды и модельный раствор шахтных вод. URL: <http://ecoj.dea.kiev.ua/archives/2015/8/22.pdf> (дата звернення: 02.12.2020).
4. Ломакин Е.А., Мироненко В.А., Шестаков В.М. Численное моделирование геофильтрации. Москва : Недра, 1988, 228 с.
5. Евграфкина Г.П., Омельчук А.Ю. Изменение гидрогеологических условий на территории, прилегающей к пруду-накопителью «Свидовок». *Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету*. 2012. № 2. С. 22–24.
6. Шторм Р. Теория вероятностей. Математическая статистика. Статистический контроль качества. Москва : Мир. 1970. 268 с.
7. Улицький О.А. Фактори екологічного ризику підприємств вугільного сектору для навколишнього середовища. *Техногенно-екологічна безпека та цивільний захист*. 2012. Вип. 4. С. 148–153.
8. Клименко М.О., Прищепата А.М. Моніторинг довкілля. Київ : ВЦ «Академія». 2006. 240 с.
9. Дьяченко Н.А. Особенности формирования региональных воронок депрессии в отложениях палеогена под влиянием шахтоосушения и водозабора (Западный Донбасс). *Наукові праці УкрНДМІ НАНУ*. 2013. № 12. С. 291–305.
10. О результатах режимных гидрогеологических наблюдений по ведомственной сети наблюдательных скважин ПАО ДТЭК «Павлоградуголь». Информационный отчет. Павлоград : КП «ЮжУкргеология». 2017. 48 с.
11. Моніторинг та екологічна оцінка водних ресурсів України, ДАВПУ: URL: <http://monitoring.davr.gov.ua/EcoWaterMon/GDKMap/Index>.
12. Горшков В.А. Очистка и использование сточных вод предприятий угольной промышленности. Москва : Недра. 1981. 78 с.