

УДК 622:504.4.054

**РАДОВЕНЧИК Я. В., к.т.н., доцент; ГОМЕЛЯ М. Д., д.т.н., професор;
РАДОВЕНЧИК В. М., д.т.н., професор
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

НОВА КОНЦЕПЦІЯ ЗНЕШКОДЖЕННЯ ШАХТНИХ ВОД ТА КОНЦЕНТРАТІВ ПРОЦЕСІВ ВОДООЧИЩЕННЯ

Сьогодні проблема шахтних вод є чи не найгострішою в промислово розвинутих регіонах України, оскільки спричиняє мінералізацію вод поверхневих водойм та перешкоджає забезпеченню населення якісною питною водою. Це ж відноситься і до концентратів баромембранного очищення води. Тому захист гідросфери від забруднення шахтними водами та концентратами і сьогодні залишається надзвичайно актуальним. Метою нашої роботи була оцінка можливості знешкодження вказаних стоків шляхом захоронення їх в підземних горизонтах. Характерною особливістю будови земної кори є шарова структура, складена із порід з різною водопроникністю. Це зумовлює формування на різних глибинах водонесних горизонтів з водами, що суттєво різняться за властивостями та складом. Для вод підземних горизонтів можна відмітити дві важливі закономірності – із збільшенням глибини залягання мінералізація води зростає, а швидкість переміщення в підземному горизонті знижується. За своїм хімічним складом шахтні води відповідають водам того підземного горизонту, з якого вони підняті. В незначних концентраціях додаються антропогенні забруднення у вигляді нафтопродуктів, поверхнево-активних речовин, хімічних реагентів, що потрапляють у підземні води в процесі їх накопичення та транспортування на поверхню. Сьогодні більшість шахтних розробок перетнули глибину в 500 м і продовжують занурюватися. З іншого боку, на території України підземні горизонти, що використовуються для забезпечення населення якісною питною водою залягають на глибинах до 500 м. Глибші горизонти характеризуються підвищеною мінералізацією та для господарсько – питних потреб не придатні. Поєднання цих двох факторів дозволяє знешкоджувати шахтні води і концентрати шляхом закачування в підземні горизонти, розміщені глибше існуючих шахтних виробок. При впровадженні такого рішення гарантований не лише значний екологічний ефект, а й суттєва економія коштів за рахунок зниження витрат на транспортування значних об'ємів води на поверхню. Оскільки шахтні води за хімічним складом аналогічні підземним водам, що залягають на глибших горизонтах, лише менш мінералізовані, то негативного впливу на води цих горизонтів не спостерігатиметься. Те ж відноситься і до концентратів баромембранного очищення води, котрі представляють собою природні води підвищеної мінералізації із постійним співвідношенням між компонентами. Для неглибоких шахтних розробок із прісними чи слабо мінералізованими водами рекомендується влаштування у відпрацьованих виробках шахт системи очищення води із захороненням відходів чи закачуванням концентратів в нижчі горизонти. На поверхню піднімаються лише води, що відповідають чинним нормативним документам і можуть бути використані для забезпечення потреб населення.

Підтвердженням успішності такого способу знешкодження шахтних вод та концентратів баромембранного очищення води є досвід повернення супутньо – пластових вод в підземні горизонти при добуванні нафти та газу, який успішно застосовується сьогодні на більшості свердловин.

Ключові слова: шахтні води, концентрати, підземні води, мінералізація, артезіанські горизонти

DOI: 10.20535/2617-9741.1.2020.207811

© Радовенчик Я. В., Гомеля М. Д., Радовенчик В. М., 2020.

Постановка проблеми. Добування корисних копалин супроводжується підняттям на поверхню значних об'ємів підземних вод під загальною назвою «шахтні води». Особливістю цієї категорії вод є підвищена мінералізація та вміст окремих сполук у концентраціях, що суттєво перевищують допустимі норми. Тому скид шахтних вод в поверхневі водойми призводить до їх забруднення, збільшення мінералізації та суттєвого

погіршення якості води. Для промислово розвинутих регіонів України ця проблема сьогодні є надзвичайно гострою та актуальною, оскільки перешкоджає забезпеченню населення якісною питною водою. Передбачається, що шахтні води перед скидом в довкілля повинні оброблятися для приведення їх показників до нормативних значень. Однак, значні їх об'єми перешкоджають такій обробці. Та й традиційні технології, в більшості випадків, недостатньо ефективні для виконання такої вимоги. Навіть баромембранні технології, котрі вважаються сьогодні досить перспективними для знешкодження шахтних та інших мінералізованих вод, супроводжуються утворенням значних об'ємів концентратів, проблеми знешкодження котрих ще не вирішені. Тому розробка нетрадиційних підходів до знешкодження концентратів та мінералізованих вод різноманітного походження дозволить вирішити цю проблему в регіонах з відповідними гідрогеологічними умовами.

Аналіз попередніх досліджень. Шахтні води відбираються з відповідних природних водоносних горизонтів, тому в більшості випадків, за хімічним складом відповідають складу вод цих горизонтів з незначним додаванням антропогенних забруднювачів – нафтопродуктів, ПАВ, хімічних реагентів. Традиційними методами такі води обробляти неефективно через широку гаму забруднювачів із різноманітними фізико – хімічними властивостями. Тому, в більшості випадків, води з різних горизонтів змішуються між собою, піднімаються на поверхню та скидаються в поверхневі водойми. Сьогодні існують пропозиції та реальні проекти використання таких вод для забезпечення потреб населення після відповідної обробки. Як свідчить аналіз, проведений авторами [1], біля 75 % всіх шахтних вод Донбасу мають мінералізацію до 3 г/дм³, що дозволяє 1530 тис. м³/добу таких вод вважати резервом і використовувати після відповідної обробки для водопостачання. Із цього об'єму 355 тис. м³/добу шахтних вод мають мінералізацію в межах 1,5 – 2,0 г/дм³, а 120,3 тис. м³/добу – менше 1,5 г/дм³. Такий стан шахтних вод дозволяє отримувати з них відповідною обробкою навіть якісну питну воду. Найбільш прийнятими для цієї мети вважаються баромембранні технології, котрі дозволяють видалити найбільш «невловимі» хлориди та сульфати і забезпечувати якісну демінералізацію. Разом з тим, проблема далека від вирішення, оскільки в процесі такої обробки води утворюються концентрати, вміст солей в котрих значно перевищує мінералізацію шахтних вод. Таким чином, практично відбувається концентрування шахтних вод із зменшенням їх об'єму на 70 – 90 % та відповідним збільшенням вмісту солей в концентратах. Сьогодні існує багато пропозицій, направлених на вирішення цієї проблеми – додаткова обробка концентратів баромембранними методами [2], електрохімічна їх утилізація з отриманням знезаражуючих розчинів, кислот та лугів [3], реагентна обробка з метою переведення компонентів в твердий стан чи отримання з них корисних продуктів [4], упарювання концентратів [5] і т.і. Однак, жодна з них не дозволяє вважати проблему вирішеною.

Метою цієї статті є оцінка можливості знешкодження шахтних вод та концентратів баромембранного очищення води шляхом закачування їх в підземні горизонти, що надійно ізольовані від прісних чи слабко мінералізованих підземних вод, котрі можуть бути використані для забезпечення потреб населення та народного господарства.

Викладення основного матеріалу. Підземні води сьогодні без перебільшення вважаються стратегічним ресурсом держави [6]. За різними оцінками науковців, вода в підземних горизонтах в рідкому стані може зустрічатися на глибинах до 15 – 20 км [7]. При цьому хімічний склад води в значній мірі залежить від глибини залягання водоносного горизонту та порід, що його формують. З цієї точки зору виділяють прісні води – із вмістом солей до 1 г/дм³, слабко солонуваті – 1 – 3 г/дм³, солонуваті води – 3 – 5 г/дм³, сильно солонуваті води – 5 – 10 г/дм³, солоні води – 10 – 20 г/дм³, сильно солоні води – 20 – 50 г/дм³ та розсоли – більше 50 г/дм³ [8]. Визначальне значення в формуванні водоносних горизонтів відіграють шари ґрунту з низькими коефіцієнтами фільтрації – водотриви. На першому від поверхні водотриві формується надзвичайно важливий водоносний горизонт ґрунтових вод. Це безнапірні води, що слугують джерелом водопостачання для переважної більшості сільського населення. Оскільки цей тип підземних вод формується за рахунок атмосферних опадів та вод поверхневих водоймищ, то їх хімічний склад може змінюватися від прісних до солоних. Глибина залягання ґрунтових вод коливається в межах від нуля для зволених та болотистих місцевостей до 30 – 50 м і більше на суші. На таких же глибинах залягають і інші види вод зони аерації – верховодка, капілярні та інфільтраційні води і т.п. Всі вони мають незначний об'єм та нестабільні в часі, тому суттєво на загальні гідрологічні процеси в літосфері впливають дуже мало.

Глибше між двома водотривкими пластами ґрунту розміщуються міжпластові та артезіанські води. Характерною особливістю артезіанських вод є те, що вони перебувають під напором, котрий створюється за рахунок гідростатичного тиску запасів води в горизонті та геостатичного тиску порід підземного горизонту.

Для артезіанських басейнів характерне існування одночасно кількох горизонтів напірних вод, котрі суттєво різняться за хімічним складом. Так, переважно прісні напірні води представляють горизонти на глибинах 200 – 500 м в басейнах платформеного типу. Нижче вказаних глибин залягають водоносні горизонти з водами підвищеної та високої мінералізації, інколи – води підвищеної температури. В межах басейнів гірського типу прісні води можуть розповсюджуватися до глибин в 1500 м. Ще нижче під артезіанськими басейнами розміщені глибинні води. Завдяки геостатичному тиску порід та ендегенним силам такі води перебувають переважно під напором і розповсюджуються на значних глибинах земної кори.

Для підземних вод характерна горизонтальна зональність, котра проявляється в зміні загальної мінералізації і хімічного складу підземних вод для різних ділянок артезіанського басейну. При цьому мінералізація змінюється від прісних вод до солоних і розсолів та від областей живлення артезіанського басейну до найбільш прогнаних його частин. Не менш важливою для питань, що тут розглядаються, є закономірність поступового зниження швидкості руху води з глибиною. З цієї точки зору в підземному горизонті умовно виділяють три зони [9]. *Перша верхня зона* до глибини біля 300 м характеризується інтенсивним водообміном, тому хімічний склад вод цієї зони в значній мірі визначається складом гірських порід, кліматом та рельєфом території. В переважній більшості це прісні гідрокарбонатні води. *Друга середня зона* залягає на глибинах до 1000 м і більше та характеризується збільшенням мінералізації води та зменшенням інтенсивності водообміну. Води цієї зони можуть мати більш різноманітний хімічний склад і в значній мірі формуються за рахунок змішування інфільтраційних вод з первинними солоними водами. *Третя нижня зона* характеризується застійним водним режимом, розміщується на глибинах більше 1000 м і її води відрізняються високою мінералізацією. Насправді, в реальних умовах такий розподіл може бути значно складніший.

Добування корисних копалин шахтним методом завжди пов'язано з утворенням значної кількості шахтних вод, оскільки ствол шахти проходить кілька водоносних горизонтів. В більшості випадків досить важко повністю ізолювати шахтну проходку від води, тому шахтні води піднімають на поверхню та скидають в поверхневі водойми. В останні роки добування корисних копалин проводять на все більших глибинах, що зумовлює підвищення мінералізації шахтних вод і, як наслідок, ріст мінералізації води в поверхневих водоймах. Із загального об'єму шахтних вод 95 % відносяться до категорії солонуватих та солоних [4]. Проблеми загострюються ще й тому, що основну масу солей складають сполуки лужних та лужно-земельних металів із хлоридами, сульфатами та гідрокарбонатами, котрі надзвичайно важко видаляються традиційними технологіями. Найбільш ефективними в цій галузі вважаються баромембранні технології, однак і їм властиві суттєві недоліки.

Для забезпечення нормальних виробничих умов в рудниках та шахтах обов'язковим їх атрибутом є система водовідведення. Її склад та структура визначається конкретними умовами в підземному горизонті. Сьогодні напрацьовано досить багато різноманітних схем водовідведення, здатних задовольнити більшість існуючих підприємств. В реальних умовах схема водовідливу формується в залежності від глибини шахти, геологічних умов, притоку води та інших факторів і може бути різною за структурою. Загальні об'єми шахтних вод сягають астрономічних цифр. Лише шахти, розміщені в межах території Донецької області станом на 2008 рік скидали в поверхневі водойми біля 1,6 млрд. м³/рік, що в загальному об'ємі України складало близько третини [10]. В середньому на 1 т вугілля з шахт на поверхню піднімається 10 м³ шахтних вод, в окремих шахтах - від 2 до 20 м³. Для басейну Донбасу в період інтенсивного добування вугілля 37 % шахт мали водоприток менше 300 м³/год, 37 % - 300 – 500 м³/год, 20 % - 500 – 1000 м³/год, 6 % - більше 1000 м³/год [1].

Хімічний склад шахтних вод надзвичайно різноманітний і суттєво відрізняються для різних басейнів, районів, геологічних умов, технологічних процесів добування вугілля, його якості, глибини залягання водоносного горизонту і т.п. Мінералізація шахтних вод для різних шахт коливається від 2 – 3 г/дм³ до 30 – 40 г/дм³. Причому, переважну кількість солей формують хлориди та сульфати різноманітних елементів. Саме вони є основною причиною засолення поверхневих водойм та складністю знешкодження шахтних вод. Встановлено також, що при збільшенні глибини добування вугілля мінералізація шахтної води збільшується і з переходом на кожний горизонт, розміщений глибше, мінералізація збільшується на 3 – 5 г/дм³.

Органічні забруднення представлені, переважно, нафтопродуктами, котрі потрапляють у воду в результаті експлуатації спеціальних машин та механізмів. Їх концентрація для більшості шахт коливається в межах до 2,0 мг/дм³. До класу органічних забруднювачів можна віднести і дрібні частки вугілля, залишки розкладання деревини, продукти життєдіяльності мікроорганізмів. Навіть поверхневий аналіз хімічного

складу шахтних вод показує, що вони непридатні для використання без додаткової обробки в якості питної води. Такі води характеризуються значною мінералізацією, твердістю та корозійною агресивністю, що виключає їх використання в якості технічної води в промисловому виробництві. З огляду на ці ж властивості такі води заборонено без попередньої обробки скидати в поверхневі водойми. Таким чином, навіть на сьогодні проблема не може вважатися вирішеною.

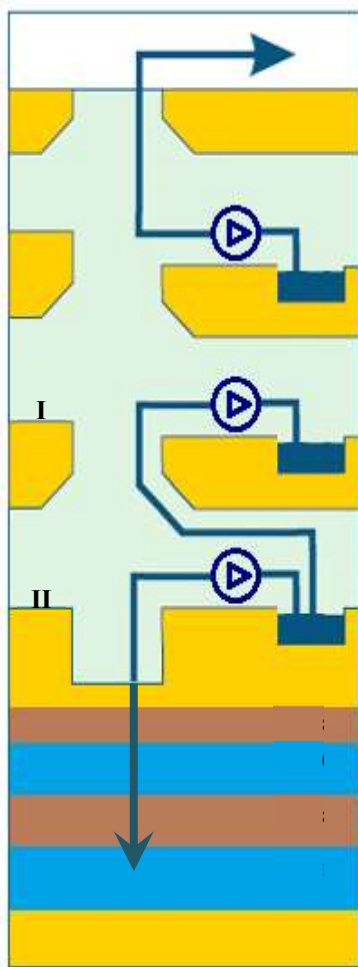
Найперспективнішим методом знесолення вод сьогодні вважається баромембранний метод, котрий дозволяє видаляти практично всі забруднення до залишкової мінералізації 10 – 20 мг/дм³. Найбільш суттєвим недоліком методу є той факт, що видалені забруднення концентруються в рідкій фазі, формуючи концентрати. Відповідно, в концентратах акумулюються всі ті сполуки, що містилися в забруднених водах. Хімічний склад концентратів показує, що вони також потребують додаткової обробки перед скидом в довкілля чи використанням в якості технічної води. Якщо зважити на те, що сучасні установки зворотнього осмосу продукують концентрати в об'ємі 20 – 30 % від загального об'єму обробленої води, то виникає ситуація, за якої вирішується одна проблема, але створюється інша. На сьогодні така ситуація суттєво гальмує широке впровадження баромембранних технологій і багато наукових колективів працюють над вирішенням даної проблеми.

На основі тривалого досвіду роботи в галузі обробки води та водопідготовки авторами запропоновано нетрадиційне вирішення даної проблеми. Суть такої пропозиції полягає в наступному. Перш за все, необхідно розділити потоки шахтних вод з різних горизонтів. Прісні шахтні води (горизонт I), що утворюються на невеликих глибинах, доцільно піднімати на поверхню і скидати в поверхневі водойми чи надавати необхідній обробці для перетворення їх у води господарсько – питного призначення (рис. 1). У випадку застосування баромембранних технологій концентрат повертається в шахту на глибший горизонт.

Солонуваті води (горизонт II) пропонується скидати в накопичувач на глибших горизонтах для наступного закачування в підземні горизонти. Якщо надлишкова мінералізація води (в порівнянні із вимогами нормативних документів) невелика і дозволяють умови в підземній виробці, хорошим варіантом може бути встановлення баромембранних установок безпосередньо на глибині. При цьому перміат подається на вищий горизонт і піднімається з прісними водами на поверхню, а концентрат приєднується до шахтних вод на більшій глибині. Найбільш вірогідно, що мінералізація концентрату не перевищуватиме мінералізацію міжпластових вод нижнього горизонту, оскільки в результаті обробки вона збільшиться в 2 – 3 рази в порівнянні із початковими характеристиками. Якщо ж обробка води не проводиться, то її мінералізація буде значно нижчою в порівнянні із мінералізацією вод нижнього горизонту, тому не справлятиме негативного впливу на загальні характеристики води.

Мінералізовані води нижнього горизонту та залишки вод з верхніх горизонтів з допомогою потужних насосів закачуються в глибший водоносний горизонт через попередньо пробурену свердловину. Оскільки мінералізація води та вміст різноманітних компонентів в цьому горизонті перевищуватимуть аналогічні показники у водах з горизонтів, розміщених вище, то суттєвого негативного впливу на загальні характеристики води в цьому горизонті не спостерігатиметься.

Гіршим вважається варіант, коли воду необхідно піднімати на поверхню і закачувати в підземний горизонт з допомогою спеціально пробурених свердловин. Такий варіант можна реалізувати при відсутності необхідного для буріння або встановлення системи баромембранного очищення води простору в підземному горизонті. Разом з тим, ми переконані, що і в цьому випадку екологічний, соціальний, а можливо і



а – водотриви; б – буферний горизонт; в – поглинаючий горизонт

Рис. 1 – Нова технологічна схема водовідведення з шахт

економічний ефект будуть дуже суттєвими, оскільки вже сьогодні мінералізація більшості річок Західного Донбасу сягає 2 – 4 г/дм³.

Варто зауважити, що досить давно такий підхід реалізується в галузі нафто- та газодобування. В процесі відбору нафти та газу з підземних горизонтів на поверхню одночасно з корисною фазою піднімаються супутньо-пластові води (СПВ). З точки зору використання нафти та газу в якості енергоносія, СПВ є баластом, який підлягає вилученню та знешкодженню. На різних родовищах об'єми СПВ суттєво різняться, але спостерігається їх суттєве збільшення на пізніх етапах освоєння родовищ. За хімічним складом СПВ близькі до морських вод із значно більшими концентраціями. Так, в межах Східного нафто-газового басейну мінералізація СПВ коливається в межах 30 – 497 г/дм³, рН – в межах 4,0 – 7,6, вміст хлоридів – 6900 – 187960 мг/дм³, сульфатів – 3 – 1225 мг/дм³ [11]. Крім цього, в СПВ присутня значна кількість натрію, калію, азоту, йоду, бору, бромю, кальцію, магнію та ряду інших елементів. Тому цілком очевидно, що скидати такі води в поверхневі водойми категорично заборонено, а знешкоджувати їх традиційними технологіями надто затратно та не ефективно. В сучасній практиці добування нафти та газу практикують їх закачування в поглинальні горизонти, води котрих непридатні для використання людиною. При цьому важливо вибрати горизонт, який за хімічним складом природної води близький до СПВ та надійно ізольований від підземних горизонтів із прісними водами. Важливим в процесах закачування в підземні горизонти СПВ, шахтних вод чи концентратів баромембранного очищення води є вивчення їх сумісності із водами поглинаючого горизонту. Мова йде про те, що при змішуванні розчинів за відповідних умов в підземному горизонті можуть формуватися та випадати в осад гіпс, карбонати та фосфати металів, іони металів переходити в гідроксиди і. т.п. Процеси їх утворення супроводжуватимуться інтенсивною коагуляцією поглинаючого горизонту і зниженням доступного для розміщення розчинів об'єму.

Висновки Що ми отримуємо в результаті використання такої схеми знешкодження шахтних вод та концентратів баромембранного очищення води ? Навіть короткий перелік переваг дозволяє оцінити екологічні та соціальні фактори:

- попередження засолення поверхневих водойм. Протягом 5 – 10 років в результаті природних процесів мінералізація в них повернеться до їх традиційних стійких значень;
- забезпечення населення якісною питною водою, особливо на водо-дефіцитних територіях, де і розміщено більшість шахт;
- зменшення кількості, а з часом і повна ліквідація забруднювачів довкілля у вигляді накопичувачів розсолів та сильно мінералізованих вод;
- зменшення затрат на водовідведення із шахт за рахунок зменшення довжини ліній транспортування води та додаткового прибутку від реалізації питних вод.

Перспективи подальших досліджень. Оскільки це хоч і достатньо опрацьована, але все ж поки що ідея, для її впровадження необхідно докласти чимало зусиль, щоб переконати керівників шахт в її перспективності. І починати необхідно із розробки техніко – економічного обґрунтування на прикладі конкретної шахти.

Список використаної літератури

1. Измайлов С. Г., Онищенко В. И. Оценка шахтных вод Донбасса как альтернативного источника водоснабжения // *Мінеральні ресурси України*, 2012. №1. С. 12 – 14.
2. Qu Dan. Study on concentrating primary reverse osmosis retentate by direct contact membrane distillation: [2 Joint Workshop between the Center for Seawater Desalination Plant and the European Desalination Society, Gwangju, 8 – 9 Jct., 2008]. / Dan Qu, Jun Wang, Bin Fan, Zhaokun Luan, Deyin Hou // *Desalination*. 2009. 247, № 1 – 3. P. 540 – 550.
3. Гомеля М.Д., Трус І. М., Шаблій Т. О. Електродіалізне опріснення розчинів з високим вмістом іонів жорсткості // *Вісник ЧДТУ*. 2014. № 1 (71). С. 50 – 55.
4. Трус І. М. Маловідходні технології демінералізації води: монографія. / К.: Кондор – Видавництво, 2016. 250 с.
5. Поворов А. А., Павлова В. Ф., Корнилова Н. В., Шиненкова Н. А. Выпарные аппараты с рекомпрессией водяного пара – энергосберегающая технология и оборудование (ЭСВА). URL: <http://www.zaobmt.com/index.php/articles/153-vacuum-evaporator-article.html> (дата звернення 24.01.2019).
6. Шестопалов В. Лялько В., Гудзенко В. та ін. Підземні води як стратегічний ресурс // *Вісн. НАН України*, 2005. №5. С. 32 – 39.

7. Радовенчик В. М., Іваненко О. І., Гомеля М. Д. Основи загальної гідрології та гідрометрії: Навчальний посібник / К.: НТУУ "КПІ", 2004. 152 с.
8. Монгайт И.Л., Текиниди К.Д., Николадзе Г.И. Очистка шахтных вод / М.: Недра. 1978. 173 с.
9. Пилипенко А. Т., Гороновский И. Т., Гребенюк В. Д. и др. Комплексная переработка шахтных вод. / К.: Техніка. 1985. 183 с.
10. Мухин В. В., Бакун Г. В., Амирбеков А. Д. Гигиеническая оценка микробного загрязнения и обеззараживания сточных шахтных вод Донецкой области // Актуальные проблемы транспортной медицины. 2008 . № 4 (14). С. 65 – 72.
11. Дядін Д. В. Моніторинг підземних і поверхневих вод на об'єктах нафтогазопромислового комплексу – дис.. канд. техн. наук (доктора філософії) за спеціальністю 21.06.01 – екологічна безпека. – Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова. Харків. 2019. 224 с.

Надійшла до редакції 27.04.2020

Radovenchik I., Gomelya M., Radovenchik V.

NEW APPROACH FOR MINE WATER TREATMENT AND CONCENTRATES OF WATER PURIFICATION PROCESSES

Today, the problem of mine water is one of the most acute in the industrialized regions of Ukraine, as it causes the mineralization of surface water and blocks the provision of quality drinking water to the population. The same problems cause by concentrates of membrane water purification processes. Therefore, protection of the hydrosphere from pollution by mine water and concentrates remains extremely relevant today. The purpose of our work was to evaluate the possibility for disposal of such wastewater by dumping them in underground horizons. The Earth's crust has a layered structure composed of rocks with different water permeability. This fact causes the formation at different depths of aquifers with waters that significantly differ by properties and composition. For underground horizons, two important patterns can be noted - as the depth increases, the water mineralization increases too but the speed of water transportation in the underground horizon decreases. The mine waters chemical composition corresponds to the characteristics of the underground horizon from which they are raised. The anthropogenic pollution such as petroleum products, surfactants and chemical reagents is added in small concentrations to such water during it accumulation and transportation to the surface. Today, most of the mines work at the depth of 500 m and continue to go deeper. On the other hand, in Ukraine the underground horizons which are used to provide the population with high quality drinking water have depths up to 500 m. The deeper horizons have high mineralization and are not suitable for drinking needs. The combination of these two factors allows treating the mine water and concentrates by pumping into underground horizons located deeper than existing mines. The implementations of such solution guarantee significant environmental effect and also significant economic benefits by reducing the cost of transporting of large volumes of water to the surface. As the mine waters have chemical composition similar to groundwater that lie on deeper horizons, but only less mineralized, no negative impact on the waters of these horizons will be observed. The same applies can be used to concentrates of membrane water purification processes, which represent highly mineralized natural waters with a constant ratio between the components. For shallow mines with fresh or low mineralized water, it is recommended that the wastewater treatment system can be placed in abandoned mines for disposal of waste or pumping of concentrates into the lower horizons. Only waters with necessary characterization for supplying the population are raised to the surface.

Confirmation of the success of this method of mine water and membrane concentrates treatment is the experience of returning back - formation waters to underground horizons in oil and gas extraction, which is successfully used today in most wells.

Keywords: mine water, concentrates, groundwater, mineralization, artesian horizons

References:

1. Izmajlov S. G., Onishhenko V. I. (2012), “Ocenka shahitnyh vod Donbassa kak al'ternativnogo istochnika vodosnabzhenija Mineralni resursy Ukrainy”, *Mineralni resursy Ukrainy*, no 1, pp. 12 – 14.
2. Qu Dan, Jun Wang, Bin Fan, Zhaokun Luan, Deyin Hou (2009), “Study on concentrating primary reverse osmosis retentate by direct contact membrane distillation”, *Desalination*, no 247(1 – 3), pp. 540 – 550.
3. Homelia M.D., Trus I. M., Shablii T. O. (2014), “Elektrodializne oprisnennia rozchyniv z vysokym vmistom ioniv zhorstkosti”, *Visnyk ChDTU*, no. 1 (71), pp. 50 – 55.
4. Trus I. M. (2016). *Malovidkhodni tekhnolohii demineralizatsii vody* [Low-waste water demineralization technologies], K.. Ukraine.
5. Povorov A. A., Pavlova V. F., Kornilova N. V., Shinenkova N. A. (2019) “Vyparnye apparaty s rekompresiej vodjanogo para – jenergosberegajushhaja tehnologija i oborudovanie (JeSVA)”. URL: <http://www.zaobmt.com/index.php/articles/153-vacuum-evaporator-article.html>.
6. Shestopalov V. Lialko V., Hudzenko V. ta in. (2005), “Pidzemni vody yak stratehichnyi resurs”, *Visn. NAN Ukrainy*, no. 5, pp. 32 – 39.
7. Radovenchuk V. M., Ivanenko O. I., Homelia M. D. (2004), “Osnovy zahalnoi hidrolohii ta hidrometrii” [Fundamentals of General Hydrology and Hydrometry], K., Ukraine.
8. Mongajt I.L., Tekinidi K.D., Nikoladze G.I. (1978), “Ochistka shahitnyh vod” [Mine water treatment], M., Russia.
9. Pilipenko A. T., Goronovskij I. T., Grebenjuk V. D. i dr. (1985), “Kompleksnaja pererabotka shahitnyh vod” [Integrated mine water treatment], K., Ukraine.
10. Muhin V. V., Bakun G. V., Amirbekov A. D. (2008), “Gigienicheskaja ocenka mikrobnogo zagryznenija i obezzarazhivanija stochnyh shahitnyh vod Doneckoj oblasti”, *Aktual'nye problemy transportnoj medicyny*, no. 4 (14), pp. 65 – 72.
11. Diadin D. V. *Monitorynh pidzemnykh i poverkhnevyykh vod na ob'ektakh naftohazopromyslovoho kompleksu* (2019) – dys.. kand. tekhn. nauk (doktora filosofii), Kharkiv, Ukraine.