

УДК 678.065.004.82

Крючков А.І., доц., Сергієнко М.І., Жукова Н.І., ст..викл.

УТИЛІЗАЦІЯ ТЕХНІЧНОЇ ВОДИ ПІДЗЕМНИХ ГІРНИЧИХ ПІДПРИЄМСТВ

В статті розглянута актуальна проблема утилізації шахтних вод. Для вирішення цього питання запропонована технологічна схема очищення шахтних вод методом дистиляції за допомогою геотермальної енергії з метою їх подальшого використання.

Ключові слова: водні ресурси, водопритоки, шахтні води, мінералізація, гірничі виробки, очищення, геотермальна енергія, використання шахтних вод.

А.И.Крючков, доц., Н.И. Сергиенко, Н.И. Жукова, ст.препод.

УТИЛИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ ВОДЫ ПОДЗЕМНЫХ ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

В статье рассмотрена актуальная проблема утилизации шахтных вод. Для решения этого вопроса предложена технологическая схема очистки шахтных вод методом дистилляции с помощью геотермальной энергии с целью их дальнейшего использования.

Ключевые слова: водные ресурсы, водопритоки, шахтные воды, минерализация, горные выработки, очистка, геотермальная энергия, использование шахтных вод.

A.I.Kruchkov, associate professor, N.I. Sergienko, N.I. Zhukova, senior lecturer

UTILIZATION MINE WATER OF UNDERGROUND MINING COMPANIES

In the article deals the actual problem of disposal of mine water. To resolve this issue suggested scheme of treatment of mine water by distillation, using geothermal energy for further.

Key words: water resources, recycling of water, mine water salinity, mine workings, methods of cleaning, pumping mine water and thermal energy mountain massif, the use of mine water.

Вступ. Вода відіграє виняткову роль в процесах обміну речовин. Запаси прісної води потенційно великі, проте їх обсяги знижуються в будь-якому районі світу через нераціональне водокористування та забруднення. Потреби у воді величезні і щорічно зростають. Нераціональне водоспоживання гідроресурсів і виникнення багатьох з цим пов'язаних екологічних проблем викликає дефіцит і якісне виснаження прісних вод в тих чи інших регіонах України, зокрема в Донбасі.

Видобуток вугілля супроводжується значними водопритоками в шахти, сумарна величина якого досягає 25 м³ / с (777,6 млн. м³ на рік). В Україні при відпрацюванні пластів на 1 т вугілля, припадає близько 3 м³ води. Підприємства вугільної промисловості відкачують великий обсяг шахтних вод (більше 2,5 млрд. м³ рік, з них, наприклад, у Донбасі близько 800 млн. м³/рік), з яких близько 50% нейтральні. У басейн Чорного моря від вуглевидобувних підприємств України надходить 129,4 млн. м³ шахтних і кар'єрних вод. Введення всього обсягу відкачених шахтних вод у системи водопостачання підприємств і населених пунктів підвищить водообіг і забезпечить посушливі райони країни необхідною кількістю води. В Україні існує проблема нестачі прісної води. Вирішення проблеми використання шахтних представляє актуальну наукову задачу.

Результати досліджень. Гірниче виробництво впливає на зміну водного режиму, забруднення і засмічення вод басейну. При проникненні поверхневих і підземних вод у вироблений простір і гірничі виробки через пори в гірських породах, через водовідливні канали, трубопроводи і насоси водовідливного господарства шахт вони метаморфізуються і перетворюються на шахтні води. Води активно взаємодіють з гірськими породами, атмосферою підземних гірничих виробок, іншими компонентами що становлять гірську систему. Відбувається розчинення у воді різних мінералів і виніс нею часток різного походження. Вода збагачується сторонніми домішками та змінює свій хімічний склад

(мінералізацію), забруднюється твердими зваженими частками органічного та неорганічного походження, а також бактеріологічно, у деяких випадках набуває кислій реакції ($\text{pH} < 6$).

Шахтні води викликають корозію матеріалу труб і арматури, а ступінь їх впливу визначається значенням pH , вмістом іонів H^+ , OH^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , CO_3^{2-} , Cl^- , Mg^{+2} , Ca^{+2} , Na^+ , Zn^{+2} , Fe^{2+} , Al^{3+} , Cu^{2+} , NH_4^+ і розчиненого кисню. Особливо небезпечні для споруд кислі і високомінералізовані води [1]

Загальний водоприток в шахти і кар'єри складається: з припливу підземних вод водоносних горизонтів; вод, що надходять із дренажних та затоплених виробок і сусідніх шахт або кар'єрів; технічних вод, що подаються в шахту або кар'єри для закладення, зрошування, буріння свердловин; поверхневих вод і атмосферних опадів. Режим надходження води у виробки (рис.1) залежить від сукупності взаємодіючих природних (кліматичних, геоморфологічних, геологічних та гідрогеологічних) і технологічних (форми та розмірів ділянки гірничих робіт, глибини та інтенсивності робіт) факторів.

При визначенні водопритоку в шахти використовують різні методи: 1) гідрологічної аналогії; 2) гідравлічний; 3) метод водного балансу; 4) метод моделювання в залежності від конкретних гідрологічних умов і гірничотехнічних умов роботи гірничого підприємства. Більш детально розглянемо метод гідрологічної аналогії заснований на аналогії гідрологічних і гірничо-технологічних умов шахт, які експлуатуються. Водоприток Q_p шахти, заснований на гідродинамічній залежності розраховується за формулою

$$Q_p = Q_e \frac{(2H_p - S_p)S_p}{(2H_e - S_e)S_e},$$

де Q_p – притік води в проектувану шахту, $\text{м}^3/\text{год}$; Q_e – притік води в шахту-аналог, $\text{м}^3/\text{год}$; H_p , H_e – потужність водоносного горизонту проектної шахти та шахти-аналога, м; S_p , S_e – зниження рівня в проектній шахті та шахті-аналозі, м.

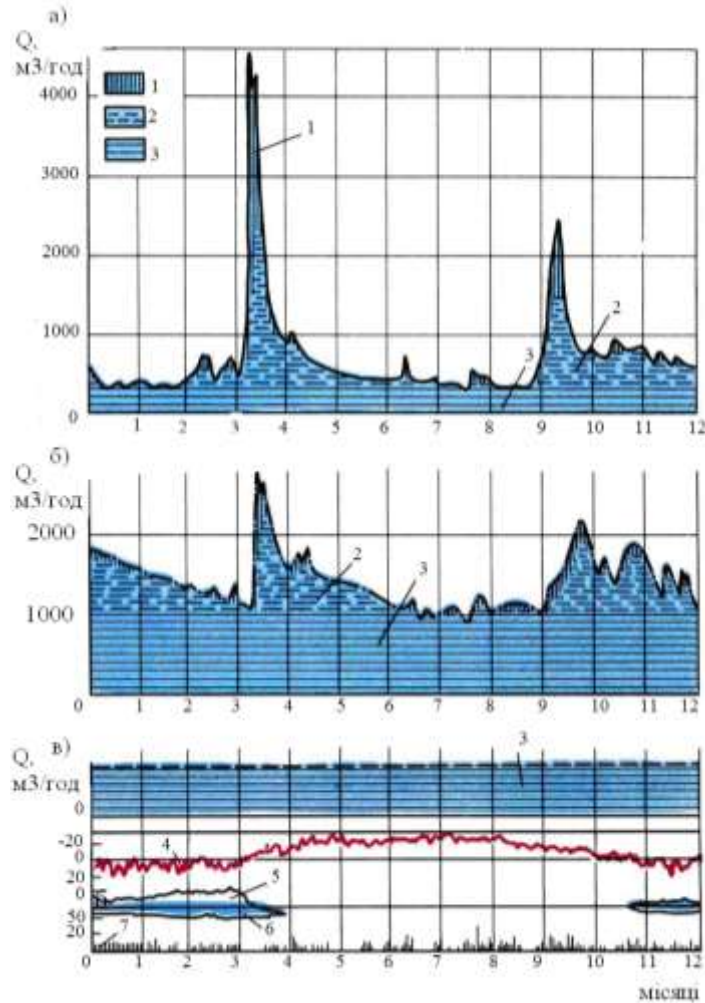


Рис.1 Залежність притоку води в шахти від глибини і метеорологічних факторів: а- глибина виробки від 150-300 м.; б- глибина виробки від 350-450 м.; в-більше 450;

1- приток шахтної води за рахунок інфільтрації і інфлюрації від поверхневого стоку над площею що обробляється; 2 - періодичний стік підземної води з максимумами (весною і восени); 3 - постійний стік підземної води; 4 - середньодобова температура повітря; 5 - товщина снігового покриву, см; 6 - товщина замерзлого ґрунту, см; 7 - добова кількість опадів ,мм.

Використання технічних шахтних вод можливе тільки після їх очищення. Найпоширенішим методом опріснення стічних вод є дистиляція (випарювання). При цьому одержання теплової енергії традиційним способом (спалювання твердого палива) завдає непоправної шкоди навколишньому середовищі і створює несприятливу екологічну обстановку., тому в запропонованій технології очищення шахтних вод,з метою зменшення навантаження на навколишнє середовище, використовуємо теплову енергію гірського масиву (геотермальну енергію) (рис.2).

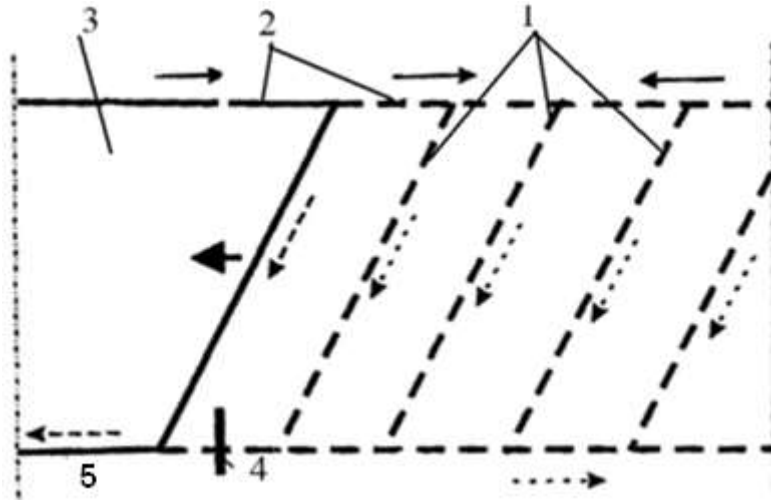


Рис.2 Схема геотеплообмінника на ділянці видобутку корисної копалини
 1 – відпрацьований простір 2 – виробка для підведення свіжого повітря 3 – гірський масив 4 – вентиляційна перемичка; 5 – виробка по якій відводиться відпрацьований струмінь повітря

Необхідну кількість енергії забирають з відпрацьованого простору, де в процесі виїмки вугільного пласта утворюються пустоти (1). По виробці (2) із забою пропускається частина повітря необхідна для провітрювання самого очисного вибою і додаткова частина повітря для очистки води. Повітря що проходить по пустотах відпрацьованого простору(1), нагрівається до температури гірського масиву (3), яка на глибоких горизонтах досягає 45 ... 50⁰С і разом з цим здобуває додаткову енергію (так званий геотермальний спосіб отримання енергії). Зі збільшенням температури повітря, збільшується геотермальна енергія, отже підвищується рівень та кількість очищеної шахтної води. [2] Температуру повітря t_2 (в ⁰С) в кінці горизонтальної або похилої виробки довжиною L , пройденою під кутом α , розраховується за формулою

$$t_2 = N_2 + \sqrt{N_2 + D_2 \left[t_1 + A_1 \left(t_{п.ср} - \frac{t_1}{2} \right) + \frac{L \sin \alpha}{427 c_p} + \frac{\sum Q_m + q_0 F_{ок}}{G_{ср}} \right] - \frac{m}{l} + \frac{d_1 \varphi_1}{l \varphi_2}},$$

де t_1 - температура повітря на початку виробки, ⁰С; $t_{п.ср}$ - середня по довжині виробки температура породи, ⁰С; q_0 - питома теплота окислення породи, ккал/(г*м²*⁰С); $F_{ок}$ -площа поверхні окислених порід, м²; $\sum Q_m$ -тепловиділення від місцевих джерел, ккал/г; m, l - коефіцієнти зв'язку вологовмісту та температури, φ_1 та φ_2 – відносна вологість повітря на вході та в кінці виробки, приведена до нормального атмосферного тиску ($B= 760$ мм рт. ст.); $G_{ср}$ - середня витрата повітря при проходженні по виробці, кг/г; c_p - теплоємність повітря при постійному тиску

Регулювання витрат повітря через канали відпрацьованого простору і очисну виробку проводиться шляхом періодичного зведення вентиляційної перемички (4) між каналами та очисною виробкою, де проводилася виїмка корисної копалини. Схема та технологія очищення забрудненої шахтної води наведена на рис. 3. Повітря, що досягло температури природного масиву, через трубопровід (1) прокладений по виробці для підведення повітря за допомогою компресора (2) направляють по повітряному трубопроводу у вихрову трубу (4), де відбувається його поділ на два повітряні потоки – гарячий (5) і холодний (3). Паралельно, забруднена шахтна вода (6) надходить у випарник (7) і переходить в пароподібний стан завдяки гарячому потоку повітря, що надходить по трубопроводу з вихрової труби. Цей

гарячий потік повітря зумовлює переведення неочищеної води в пароподібний стан. Очищена вода в стані перегрітої пари подається по паропроводу (11) і ходку (12) в конденсатор (13), що виконаний у вигляді окремої споруди.

У конденсаторі відбувається перехід води з пароподібного стану в рідкий за рахунок контакту пари з холодними поверхнями. Частково пара конденсується на стінках ствола і у вигляді води стікає в зумпф (10), звідки її перекачують за допомогою водовідливної установки (9) в водозбірник очищеної води (14) і переправляють до споживача. Зважені і розчинені речовини, що містяться в неочищеній воді, накопичуються в випарнику, з якого періодично зливають ці речовини в спеціальну ємність (14).

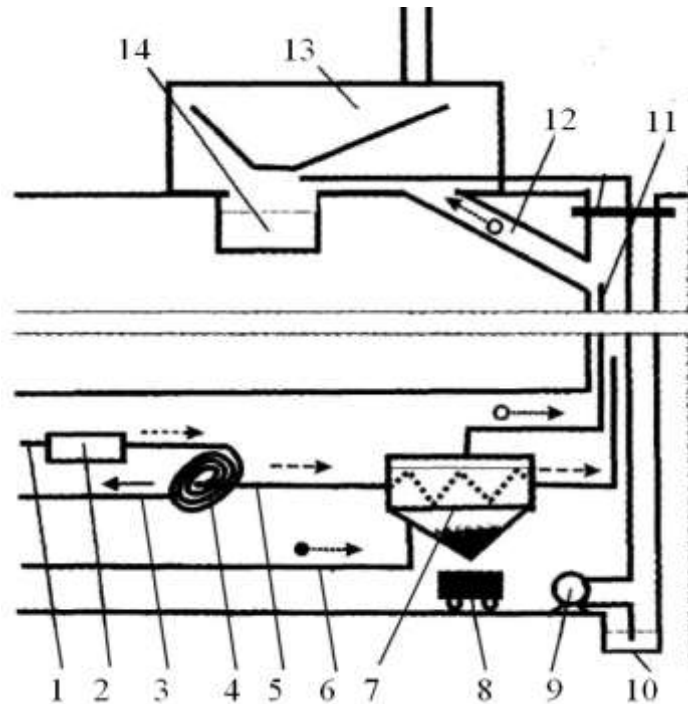


Рис. 3. Схема очищення забрудненої шахтної води

- 1- трубопровід підведення гарячого повітря; 2 – компресор; 3 – трубопровід відведення холодного повітря; 4 -вихрова труба; 5 – трубопровід з гарячим повітрям; 6 – трубопровід забрудненої шахтної води; 7 – випарник; 8 – завантаження відходів випарення; 9 – водовідливна установка; 10 – зумпф ствола; 11 – паропровід; 12 – ходок; 13 – конденсатор; 14 – водозбірник очищеної шахтної води

Використання даної технології дає змогу зменшити кількість забруднюючих речовин в забрудненій шахтній воді (табл.1) , і зробити її придатною для різноманітного використання.

Таблиця 1. Кількість забруднених речовин на вході та виході з установки очистки

Забруднюючі воду речовини	На вході в установку очистки	На виході з установки очистки
Зважені частки, мг/м ³	5	1
Залізо загальне, мг/м ³	0,24	0,05
Кальцій, мг/м ³	32,5	3,3
Магній, мг/м ³	29	2,3
Хлориди, мг/м ³	283	19,8
Сульфати, мг/м ³	524,3	53,4
Na+K, мг/м ³	740	81

Висновки. Використання в населених пунктах очищених шахтних вод за допомогою розробленої схеми дозволить вирішити проблеми: створення екологічного благополуччя території; наближення джерел води до районів, віддалених від джерел водопостачання на значні відстані; поліпшення якості води. Очищену шахтну воду можна використовувати для сільськогосподарської та рекреативної рекультивациі. Видалений осад можна використовувати як основу для отримання цінних речовин, що містяться в шахтній воді. При відкачуванні та очищенні шахтних вод встановлюється максимально близький до природного кругообіг води (фільтраційний обмін підземних і поверхневих вод).

Запропонований метод очищення шахтної води з використанням геотермальної енергії дасть змогу знизити собівартість очищеного продукту (дистиляту) і раціонально використовувати вичерпні види енергоносіїв (таких як вугілля, природний газ, торф), які необхідні для перетворення води в пароподібний стан відомими способами, і які в умовах сучасної енергетичної проблеми є цінною сировиною [3,4].

ЛІТЕРАТУРА

1. *Мирзаев Г.Г.* Экология горного производства: Учебник для вузов / Г.Г.Мирзаев, Б.А.Иванов. – М.: Недра, 1991. – 320 с.
2. *Ушаков К.З.* Рудничная аэрология / Ушаков К.З., Бурчаков А.С., Медведев И.И. -М.: Недра, 1998.-298
3. *Матлак Е.С.* Снижение загрязненности шахтных вод в подземных условиях / Матлак Е.С., Малеев В.Б.. – К.: Техника, 1991. – 136 с.
4. *Горшков В.А.* Очистка и использование сточных вод предприятий угольной промышленности / Горшков В.А. - М., Недра, 1981.-125 с.