

Воробйов Є.О., к.т.н.¹, Ніколенко М.О., к.т.н.¹, Друк В.М., студент¹,
Чудовська А.К., студентка²

1 — АДІ ДВНЗ «ДонНТУ», м. Горлівка; 2 — ДВНЗ «ДонНТУ», м. Донецьк

МЕТОДИ ВИРІШЕННЯ ЗНЕЗАРАЖЕННЯ ШАХТНОЇ ВОДИ ВІД БАКТЕРІЙ

Проведено аналіз впливу знезараженої води на людей, тварин і рослин. Розглянуто методи знезараження хлором, гідролізним способом, а також ультрафіолетовим випромінюванням. Застосування прогресивних методів знезараження води дозволяє значно поліпшити екологічний стан водних басейнів і зменшити затрати на їх впровадження.

Введення

Однією з найважливіших проблем при охороні навколишнього середовища є захист водних басейнів від різних забруднювачів. Тому необхідно збалансувати розвиток нових технологічних процесів з розробкою технології запобігання викидів у водоймища або обмеження їх до припустимого рівня.

Витрати на захист водоймищ неухильно підвищуються, що висуває на перший план вимоги максимальної ефективності та економічності технологій, що впроваджуються.

Негативний вплив шахтних вод на навколишнє середовище характерний для вугільних регіонів і особливо для Центрального району Донбасу, де зосереджена велика кількість шахт.

Постановка проблеми

Шахтні води забруднені різними бактеріями і вірусами. Це викликано потрапленням у шахтну воду продуктів тваринного і рослинного походження, які створюють сприятливі умови для розвитку мікроорганізмів. Бактеріальна забрудненість оцінюється мікробіологічними показниками — колі-індексом — кількістю кишкових паличок у 1 л води. Для шахтних вод колі-індекс змінюється у досить широких межах — від 3 до 4×10^8 . Мінімальними показниками колі-індексу характеризуються кислі шахтні води з $pH = 2,5$, максимальними — нейтральні води сульфатного класу.

Забруднення шахтних вод бактеріями і вірусами призводить до різних захворювань людей і тварин. Тому актуальною є розробка нових технологій знезараження шахтної води. При цьому необхідно комплексне рішення наступних проблем: 1) охорона навколишнього середовища від шахтних вод; 2) максимальне знезараження шахтних вод від бактерій і вірусів; 3) забезпечення безпечних умов праці.

Мета статті

Метою статті є розгляд знезараження шахтної води різними способами, їх аналіз, і розробка рекомендацій для їх застосування у промислових цілях.

Основний матеріал

Шахтні води, які вміщують збуджувачі захворювань, підлягають знезараженню. Останнє може бути виконано хлоруванням, озонуванням або іншими методами з використанням сильнодіючих окислювачів, а також випромінюванням бактерицидними лампами. Найбільше поширення у вугільній промисловості отримав метод знезараження хлоруванням. Широко використовуються такі реагенти, як рідинний хлор і гінохлорит натрію.

При хлоруванні господарсько-побутових стічних вод розрахункову дозу хлору приймають 10 г/м^3 відстояних вод, а після повної штучної біологічної очистки — 5 г/м^3 . Показник

хлорування для побутових стічних вод виражається найбільшою дозою хлору ($мг/л$). При введенні у досліджувану воду хлору після 30-хвилинного контакту колі-індекс досягає не більше 1000 в 1 л при остатньому хлорі не менш $1,5 мг/л$.

У шахтних умовах хлорувальні установки рідинним хлором (рис. 1) складаються з наступних основних вузлів: робочих балонів, ваг, колектора, проміжного балону або спеціального випарювача, хлоратора, футляра для ушкоджених балонів, засобів для продувки системи, нейтралізатора.

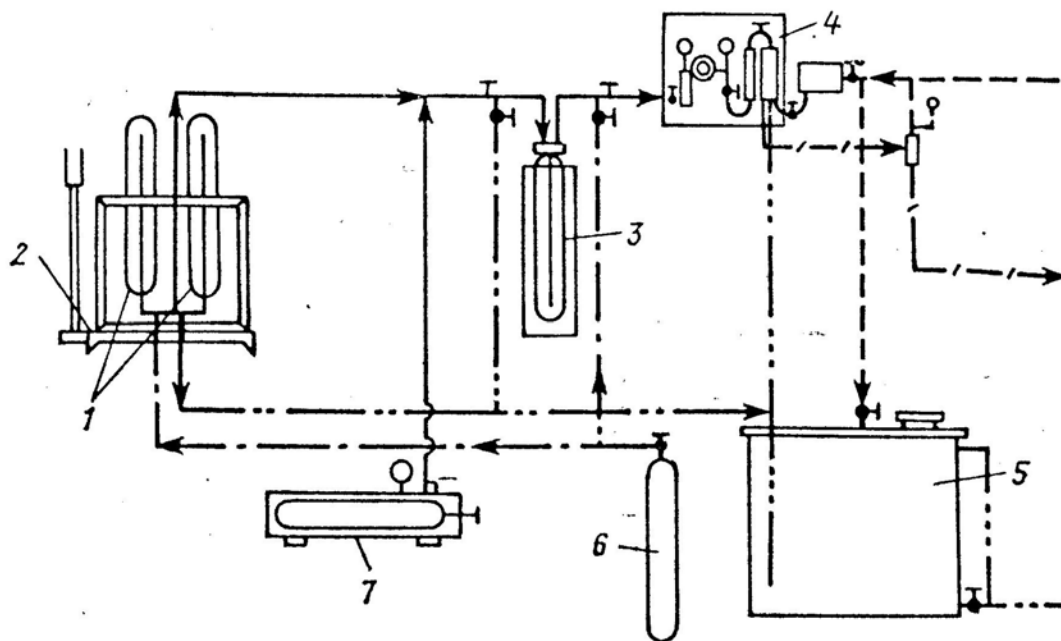


Рис. 1. Схема хлорувальної установки:

1 — робочі балони; 2 — ваги; 3 — проміжний балон, поміщений в футляр з підігрітою водою; 4 — хлоратор; 5 — нейтралізатор; 6 — балон з азотом; 7 — футляр для пошкоджених балонів

Робочими посудинами є балони і бочки, які повинні відповідати вимогам технічних умов. При витратах хлору менше $2 кг/год$ використовуються балони, при більших — балони і бочки. Для знімання хлору робочі посудини установлюють на ваги у переносних підставках.

Випарювання рідинного хлору відбувається у проміжному балоні або випарювачі.

При витратах хлору більш $2 кг/год$ після робочих посудин може бути установлений випарювач.

Дозування газоподібного хлору і одержання хлорної води виконують у вакуумних хлораторах (ім. Вечерського). Кількість хлораторів визначають за їх продуктивністю, дозою хлору і кількістю води, що обробляється.

Розчинення газоподібного хлору у воді при температурі $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ складає $7,29 г/л$. Рідинний хлор у воді розчиняється погано, тому хлорування води виконується тільки газоподібним хлором.

Хлор відноситься до сильнодіючих отруйних речовин, клас небезпеки 2, а хлоротриуючі реагенти — до їдких речовин. Хлор енергійно вступає у реакцію з всіма живими організмами, руйнуючи їх. Гранично допустима концентрація (ГДК) хлору у промислових приміщеннях — $1 мг/м^3$. Суміш у повітрі десятих долей % хлору подразнює дихальні органи. Прибування у атмосфері, що містить $0,01\%$ хлору та вище, швидко веде до швидкого захворювання легень. Тому при роботі з хлором і реагентами, які містять хлор, необхідно дотримуватися особливих заходів безпеки.

Набагато безпечним є знезараження шахтних вод гіпохлоридом натрію (NaClO), який одержується на місці застосування електролізом розчину кухонної солі. За бактерицидною активністю гіпохлорид натрію однозначний дії рідинного хлору.

Застосування електролізних установок дозволяє відмовитися від небезпечного рідинного хлору у балонах, який звичайно використовується для знезараження шахтних вод, що виключає можливість зараження місцевості хлором у випадку аварій і в цілому не впливає на екологічний стан району.

Уперше електролізна хлораторна установка ЄП-10-25 була використана на шахті „Бужаневка”. Крім знезараження шахтної води вона може бути використана як централізований пункт для вироблення рідинного хлорреагента (гіпохлориду натрію) для застосування санітарної обробки водопровідних мереж, технологічного обладнання. Гіпохлорид натрію використовують у якості реагенту — окислювача для видалення органічних речовин з води.

Електролізна установка (рис. 2) складається з насоса-дозатора, двох ротаметрів, двох електролізів, газовідокремлювачів, блоку живлення з регулюванням, елементами захисту і автоматики, з'єднуючих трубопроводів.

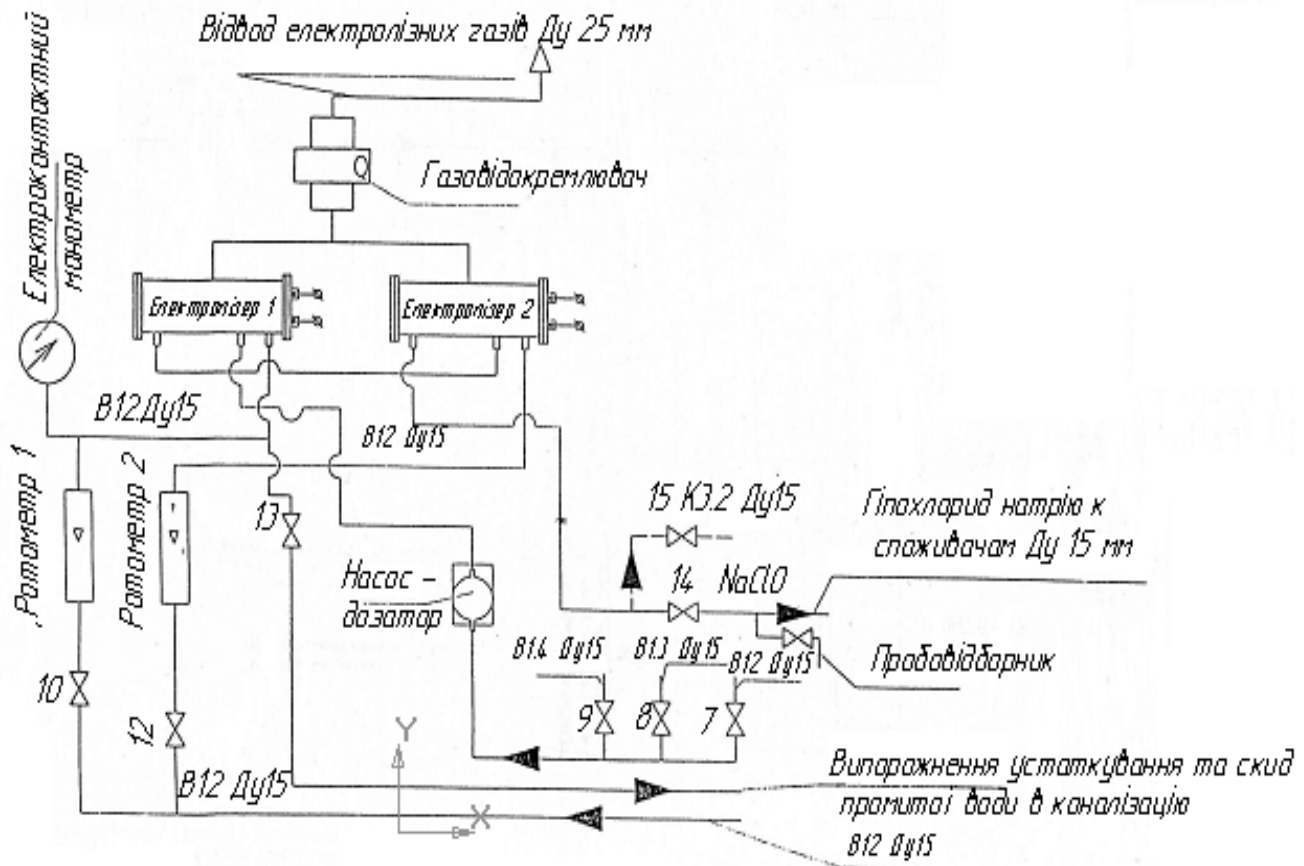


Рис. 2. Схема установки ЄП — 10 — 25

Електролізер конструктивно виконаний у вигляді циліндрів. Малозношувальні аноди, які використовуються у електролізері, виконані з листового титана з активним металооксидним покриттям. Струмопроводи винесені поза електролізний блок.

Газовідокремлювач є напірною ємністю з плавковим клапаном, де відбувається розподілення газоподібної і рідинної фаз робочого розчину.

Устаткування працює наступним чином. Концентрований сольовий розчин подається насосом-дозатором у перший електролізер. Вода після фільтру, пом'якшена регульованим вентилем і ротаметром, подається як у перший, так і другий електролізери. Силу струму і ви-

трати розчину і води підбирають таким чином, щоб питомі витрати електроенергії і кухонної солі для одержання 1 кг активного хлору були мінімальними.

Одержуваний гіпохлорид натрію під залишковим тиском направляється споживачу.

Нами виконано розрахунок необхідної кількості кухонної солі і пом'якшуваної води для хлораторного устаткування ЄП-10-25 з добовими витратами 29 тис. м³.

Максимальні і мінімальні витрати води на станції:

$$Q_{\text{доп. max}} = K_{\text{доп. max}} Q_{\text{сер. доб}}, \quad (1)$$

$$Q_{\text{доп. min}} = K_{\text{доп. min}} Q_{\text{сер. доб}},$$

де $Q_{\text{сер. доб.}} = 22 \text{ тис. м}^3/\text{доб}$ — середньодобові витрати води,

$K_{\text{доб. max}} = 1.1$ — максимальний коефіцієнт,

$K_{\text{доб. min}} = 0,7$ — мінімальний коефіцієнт,

$$Q_{\text{доб. max}} = 1,1 \cdot 22000 = 24200 \text{ м}^3/\text{доб},$$

$$Q_{\text{доб. min}} = 0,7 \cdot 22000 = 19800 \text{ м}^3/\text{доб}.$$

Дозу активного хлору беремо за СНіП 2.04.02 — 84 п.6.146 $D_{\text{хл.}} = 0,7 - 1 \text{ г/м}^3$.

Добові витрати хлору становитимуть:

$$g_{\text{хл. max}} = (Q_{\text{доб. max}} D_{\text{хл.}}) / 1000, \quad (2)$$

$$g_{\text{хл. min}} = (Q_{\text{доп. min}} D_{\text{хл.}}) / 1000,$$

$$g_{\text{хл. max}} = [24200(0,7 - 1)] / 1000 = 16,94 - 24,2 \text{ кг акт. хл. / доб},$$

$$g_{\text{хл. min}} = [19800(0,7 - 1)] / 1000 = 13,86 - 19,8 \text{ кг акт. хл. / доб}.$$

Кількість робочих устаткувань приймається, виходячи з продуктивності одного устаткування 25 кг акт. хл./доб і середньої хлоронеобхідності, зі СНіП 2.04.02 — 84 п.6.159:

$$N = (g_{\text{хл. min}} + g_{\text{хл. max}}) / (2g_{\text{доб}}), \quad (3)$$

$$N = (19,8 + 24,2) / (2 \cdot 25) = 0,88 \text{ шт}.$$

Отже, кількість устаткувань — 2 шт, з яких 1 робоча і 1 резервна.

Максимальні витрати сольового розчину на одне устаткування згідно паспорту — 0,45 м³/доб, при концентрації 350 г/л (концентрація ропи у розчинно-витратних ємностях). Ємність для кожного устаткування складає — 0,2 м³, що забезпечує її безперервну роботу протягом 24 годин.

Витрати кухонної солі для одержання 1 кг активного хлору складають 3–6 кг. Тоді добові витрати солі будуть складати:

$$Q_{\text{солі доб}} = g_{\text{доб}} n g_{\text{кг}}, \quad (4)$$

де g — добова витрата солі на 1 кг активного хлору, кг;

n — кількість устаткувань,

$g_{\text{доб}}$ — продуктивність одного устаткування, акт хл./доб:

$$Q_{\text{солі доб.}} = 25 \cdot 1 (3-6) = 75-150 \text{ кг/доб}.$$

При розрахунку 30 добового запасу (п.6.202 СНіП 2.04.02 - 84), ураховуючи період максимального споживання реагентів, кількість кухонної солі складає:

$$150 \cdot 30 = 4500 \text{ кг} = 4,5 \text{ т}.$$

Згідно з вимогами (п.6.213 СНіП 2.04.02-84) складування кухонної солі передбачається навалом або у мішках на підвищенні, у відведеному для цього приміщенні. Шар солі не повинен перевищувати 2 м.

Витрати пом'якшеної води на промислові потреби (у розчинно — витратних ємностях і на робочі устаткування) складає до $6,0 \text{ м}^3/\text{добу}$. При включенні у роботу резервної установки ЄП — 10 – 25 витрати пом'якшеної води збільшаться до $12 \text{ м}^3/\text{доб}$.

Великим недоліком двох способів, розглянутих вище, є те, що після знезараження шахтної води вона викидається у водоймища із залишками остатнього хлору, що негативно впливає на рибне господарство і весь біосинтез водоймищ.

Усі ці недоліки, які властиві хлоруванню, стали причиною масового дослідження і впровадження за кордоном і в країнах СНД знезараження ультрафіолетовим (УФ) випромінюванням.

Результати наукових досліджень і експериментально — промислових випробувань підтвердили технічну можливість і високу ефективність ультрафіолетового знезараження у промислових умовах з великими об'ємами шахтних вод.

На основі досліджень дії УФ на живі організми було розраховано оптимум довгих хвиль для інактивації мікроорганізмів, які знаходяться у зоні 250-266 нм і було побудовано криву бактерицидної дії (рис. 3).

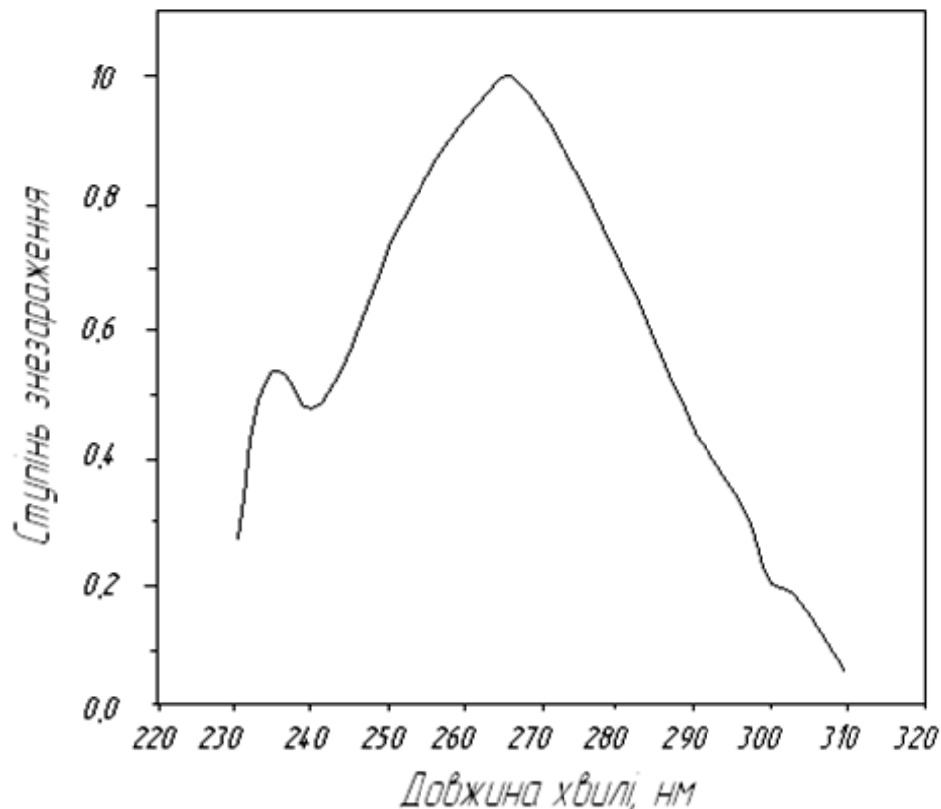


Рис. 3. Крива бактерицидної дії ультрафіолету

Розуміння механізму УФ знезараження було досягнуто при порівнянні дії УФ з реакціями, які діють у молекулах ДНК. З співвідношення між кривою бактерицидної дії УФ і спектром поглинання ДНК і протеїну (рис. 4) видно, що інактивація бактерій виникає в основному за рахунок незворотних пошкоджень ДНК.

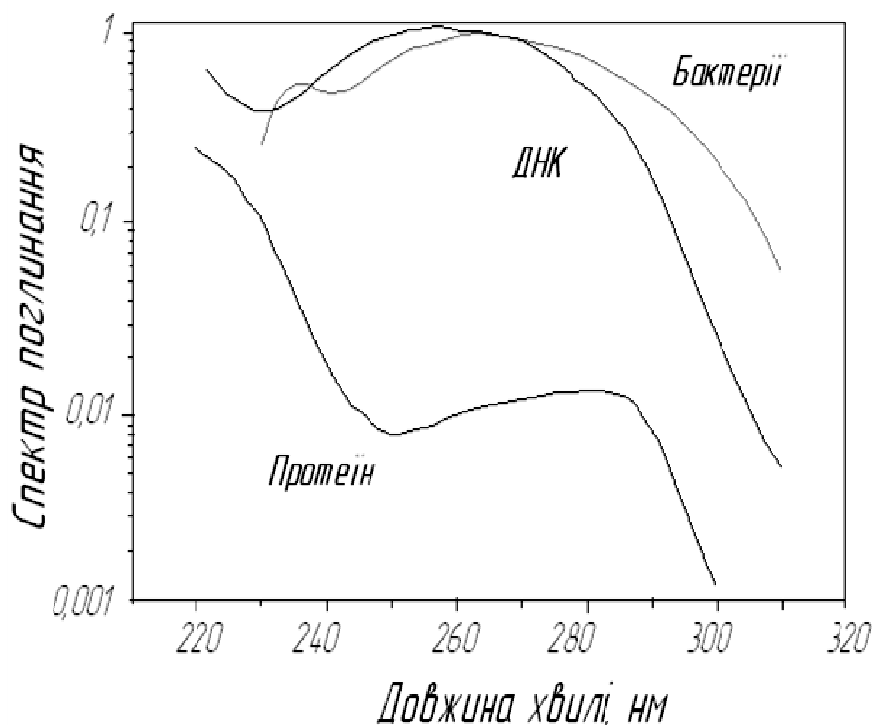


Рис. 4. Крива бактерицидної дії УФ та спектри поглинання ДНК та протеїну

При УФ випромінюванні утворюються міжнитіві зшивки і розриви молекул ДНК. Енергія одного кванта короткохвильового ДНК недостатня для розриву ланцюга або зшивки, тому ці процеси є ступінчатими.

При пошкодженні ДНК у бактеріях відбувається сповільнення синтезу. При впливі УФ на білки найбільш вірогідним є пошкодження клітинних мембран. Розрахунок струменю знезараження виконується по формулі:

$$\frac{N}{N_0} = e^{KIt}, \quad (5)$$

де N_0 — кількість клітин до опромінювання;

N — кількість клітин після опромінювання;

I — інтенсивність УФ випромінювання;

t — час опромінювання;

K — коефіцієнт, який залежить від виду мікроорганізмів.

Основним джерелом УФ випромінювання, які застосовуються у технології УФ дезинфекції є газорозрядні лампи, заповнені сумішшю пару і інертних газів.

УФ випромінювання поглинається водою і розчиненими в ній речовинами, при цьому інтенсивність падає у міру проникнення променя у глибину рідини.

При підвищенні концентрації завислих речовин можливе зниження ефекту знезараження, що потребує збільшення дози УФ випромінювання для забезпечення необхідних показників.

Для забезпечення найбільшої ефективності при впровадженні УФ знезараження процес розробки і впровадження повинен мати наступні етапи:

1. Оцінка особливостей експлуатації і показників якості води.
2. Вимірювання основних характеристик, що визначають ефективність УФ знезараження.
3. Розрахунки і вибір типу УФ обладнання.

Висновки

1. На відміну від хлорування після впливу УФ у воді не утворюється шкідливих органічних сполук навіть у випадку значного підвищення необхідної дози. Це дозволяє значно спростити контроль за процесом знезараження і не проводити аналізи на визначення вмісту у воді остатніх концентрацій дезинфектанта.

2. УФ опромінювання летальне для більшості водних бактерій, вірусів, спор і найпростіших. Воно знищує збудників таких інфекційних захворювань, як тиф, холера, дизентерія, вірусний гепатит тощо. УФ опромінювання дезактивує навіть ті віруси, які не піддаються дії хлору.

3. УФ опромінювання у порівнянні з хлоруванням не впливає на органолептичні властивості води.

4. При знезараженні УФ випромінюванням характерні більш низькі, ніж при хлоруванні, експлуатаційні витрати.

Список літератури

1. Горшков В.А. Очистка и использование сточных вод предприятий угольной промышленности — М.: Недра, 1981. — 269 с.
2. Воробьев Е.А. Влияние горных предприятий на экологическую обстановку Центральных районов Донбасса: Труды международной научно-технической конференции. — Донецк: Лебедь. — 1999. — С. 11–17.
3. Высоцкий С.П., Воробьев Е.А. Экологическая характеристика горных предприятий // Международный сборник научных трудов. Выпуск 2. — Брянск, 2000. — С. 526–532.
4. Воробйов Є.О., Поперечна Т.Г. Використання шахтних вод в якості резервного джерела водопостачання // XI Всеукраїнська наукова конференція. — Донецьк, 2001. — С.89–91.
5. Воробйов Є.О., Сачко І.В., Положинська Н.Ю. Електролізний спосіб знезараження водню // XII Міжнародна науково-практична конференція. — К., 2004. — С. 94–95.

Стаття надійшла до редакції 23.10.07

© Воробйов Є.О., Ніколенко М.О., Друк В.М., Чудовська А.К., 2007