

УДК 628.322

М.П. ОМЕЛЬЧЕНКО (канд. техн. наук, доц.), **Л.І. КОВАЛЕНКО** (канд. техн. наук, доц.)
Донецький національний технічний університет

ЗНЕЗАРАЖЕННЯ ШАХТНИХ ВОД ТОВАРНИМ ГІПОХЛОРИТОМ НАТРІЮ

Розглянута пропозиція по використанню товарного гіпохлориту натрію замість рідкого хлору при знезараженні шахтних вод перед скиданням в природу. Впровадження гіпохлориту натрію дозволяє відмовитися від організації строгих захисних зон, пов'язаних з техногенною небезпекою використання рідкого хлору, спрощує експлуатацію установок для знезараження. Проведені дослідження властивостей гіпохлориту натрію, розроблена технологія обробки шахтної води товарним гіпохлоритом натрію.

знезараження шахтної води, хлорування води, гіпохлорит натрію, електроліз розчину куховарської солі

Постановка проблеми. Найпоширенішим методом знезараження шахтної води в Україні і інших пострадянських країнах є хлорування. При цьому традиційно застосовується товарний продукт – рідкий хлор, який випаровується, змішується з чистою водою, утворюючи хлорну воду, якою і знезаражується вода, що очищається. Рідкий хлор є небезпечною речовиною, пари якої є сильнодіючою отруйною речовиною. Тому діють жорсткі правила експлуатації установок із застосуванням рідкого хлору, зокрема потрібне створення захисних зон, кваліфікований персонал. В результаті утримання об'єктів з хлором вимагає високих витрат. Крім того, такі об'єкти небезпечні при терористичних діях. Тому доцільне застосування замість рідкого хлору гіпохлориту натрію. Цей хімічний реагент можна отримувати двома шляхами – покупкою готового товарного продукту і приготуванням на місці використання електролізом розчину куховарської солі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для знезараження води в світовій практиці застосовується три основних методи: обробка окислювачами (хлором), озонування і опромінювання бактерицидними ультрафіолетовими променями. У практиці знезараження шахтних вод перевага віддається хлору [1]. Основними недоліками хлору є: підвищені вимоги до перевезення і зберігання, потенційний ризик здоров'ю у разі витоків, утворення побічних продуктів дезинфекції – тригалометанів (ТГМ) [2]. Однією з серйозних проблем при озонуванні води є утворення шкідливих побічних продуктів окислення [3]. До того ж ця технологія передбачає застосування дорогого і складного устаткування, що виключає її застосування на шахтах (якщо мова не йде про водопідготовку). Обробка води ультрафіолетовими променями вимагає ідеальної чистоти знезаражуваної води [4], що також маловірогідно для шахтних вод. Ведеться пошук альтернативних методів знезараження води [5,6]. Одним з таких методів є знезараження гіпохлоритом натрію [7].

Постановка задач. Потрібно розробити оптимальну технологію знезараження шахтних вод в умовах гірничодобувного підприємства.

Виклад матеріалу і результати. Традиційно для хлорування води гіпохлоритом натрію (ГХН) рекомендується використовувати продукт, що отримується електролізом розчину куховарської солі [1,7]. Проте в цьому випадку потрібно мати баки-сховища концентрованого розчину куховарської солі, насоси для закачування розчину, електролізери з витяжним вентиляційним устаткуванням, баки-накопичувачі розчину ГХН і його дозатори. Таким чином виходить громіздке господарство, яке вимагає кваліфікованої експлуатації. Афішується метод використання прямого електролізу знезаражуваної мінералізованої шахтної води (без розчину куховарської солі), але практичні результати можуть бути отримані тільки на морській воді; концентрація хлоридів в шахтних водах недостатня.

Нам представляється доцільним в шахтних умовах використовувати товарний ГХН, що поставляється до місця застосування в готовому вигляді.

Досвід застосування товарного ГХН вже є в регіоні, правда, для знезараження питної води. Зокрема, цей реагент упроваджений на малих водопровідних вузлах с.м.т. Старобешево і міста Комсомольське. Тут застосовується розчин ГХН марки "А" виробництва ВАТ «Дніпроазот» (м. Дніпродзержинськ) по ГОСТ 11086-76.

Схема приготування і дозування ГХН Старобешевського вузла включає два витратні для розчину баки з пластмаси і два мембранні насоси-дозатори. Насоси вводять розчин ГХН необхідної дози з концентрацією 5% в резервуари води.

Досвід, придбаний при використанні ГХН на водопровідних вузлах смт Старобешево і м. Комсомольське, дозволяє за аналогічною технологією знезаражувати шахтну воду.

На першому етапі нами були вивчені властивості гіпохлориту натрію. Спочатку вивчалася залежність розчинності гіпохлориту натрію NaClO від температури і щільності розчину реагенту при різній концентрації активного хлору.

У дослідях використовувалися стандартні методики визначення масової частки хлору і гіпохлориту натрію в розчині, технічний термометр з ціною ділення 1 градус і діапазоном вимірювання температур від -50 до $+50^\circ\text{C}$, ареометри з ціною ділення 10 г/л щільності.

Результати вимірювання розчинності наведені в табл. 1.

Як впливає з таблиці, експлуатаційні температури забезпечують достатні концентрації хлору в розчині ГХН.

Таблиця 1 – Розчинність концентрованих розчинів ГХН

Концентрація хлору в розчині ГХН, г/дм ³	Щільність розчину ГХН, г/дм ³	Масова частка хлору в розчині %	Масова частка NaClO в розчині %	Гранична мінімальна температура розчинення, $^\circ\text{C}$
190	1260	14,9	31,3	14,0
170	1240	13,7	28,7	12,0
155,3	1215	12,68	27,0	10,0
150	1210	12,6	26,5	9,0
137	1181	11,67	25,0	5,0
120	1170	10,1	21,2	- 3,0
100	1150	8,62	17,24	-
70	1110	6,95	13,9	-
50	1080	4,4	8,8	-

Практика показує, що для обробки води ГХН доцільно застосовувати розбавлені розчини з концентрацією 5-12% по хлору. Застосування розбавлених розчинів забезпечує їх стійкість. Так, розчини NaClO , що містять 250 г/дм³ хлора, втрачають при кімнатній температурі половину активного хлора за 5 місяців, що містять 100 г/дм³ активного хлора, – за 7 місяців, вміст 50 г/дм³ активного хлора – за 2 роки, вміст 25 г/дм³ активного хлора – за 5-6 років.

При приготуванні робочих розчинів ГХН необхідно, щоб його концентрація не перевищувала межі розчинності при даній температурі (табл.1). Перевищення межі розчинності приводить до утворення суспензій, що складаються з NaClO і $\text{NaClO}\cdot 5\text{H}_2\text{O}$. $\text{NaClO}\cdot 5\text{H}_2\text{O}$ виділяється з розчинів у вигляді кристалів. Це знижує концентрацію робочого розчину, точність дозування ГХН у воду і може привести до кольматації головки насоса-дозатора, напірного і всмоктуючого трубопроводів.

Для спрощеного і оперативного визначення концентрації активного хлора в розчині ГХН встановлена її залежність від щільності розчину.

На другому етапі досліджень проведені досліди по пробному хлоруванню очищеної шахтної води шахти ім. Леніна (ГХК «Макіїввугілля»), яка характеризувалася наступними показниками:

- вміст завислих речовин – 19 мг/л;
- вміст нафтопродуктів – 0,04 мг/л;
- окислюваність – 6,2 мг O_2 /л;
- рН – 8,2;
- лужність – 7,8 мг-екв/л;
- жорсткість – 9,1 мг-екв/л;
- іонний склад: кальцій 84 мг/л, магній 57 мг/л, сульфати 702 мг/л, хлориди 114 мг/л.

Для визначення оптимальної дози гіпохлориту натрію використовувалася стандартна методика пробного хлорування:

1. Наливали в 5 колб по 100 мл шахтної води, що досліджується.
2. Готували розчин хлорної води з товарного гіпохлориту натрію.
3. В першу колбу добавляли 0,5 мл хлорної води, в другу - 1,0 мл, в третю - 1,5 мл, в четверту - 2 мл, в п'яту - 2,5 мл, що відповідає дозі хлору 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 мг/л.
4. Кожну пробу ретельно перемішували, закривали корками і ставили в темне місце (шафу).

5. Через 30 хвилин визначали залишкову концентрацію активного хлору (при цьому на проби не повинні падати прямі сонячні промені).

Для визначення концентрації активного хлору до 100 мл досліджуваної води додавали 5 мл розчину йодиду калію, 5 мл буферної суміші та 1 мл розчину крохмалю. При наявності активного хлору у воді з'являється синє забарвлення розчину. Потім по краплях додавали розчин тіосульфату натрію до знебарвлення розчину. Вміст активного хлору обчислювали по формулі

$$X = V_1 N * 35.5 * 1000 / V_2,$$

де V_1 - об'єм розчину тіосульфату натрію, витрачений на титрування, мл;

N - коефіцієнт нормальності тіосульфату натрію;

V_2 - об'єм води, узятій для титрування.

Результати дослідів приведені в табл. 2 і на графіку рис. 1.

Таблиця 2 – Результати пробного хлорування шахтної води шахти ім. Леніна

Доза хлору, мг/л		,5	,0	,5	,0	,5
Концентрація залишкового хлору, мг/л	серія 1			,1	,7	,4
	серія 2			,2	,6	,3
	серія 3			,15	,5	,2

За наслідками лабораторних досліджень знезараження шахтної води гіпохлоритом натрію визначена його оптимальна доза, яка складає величину 1,8 мг/л.

За результатами досліджень розроблена технологія знезараження шахтної води товарним гіпохлоритом натрію, що поставляється ВАТ «Дніпроазот».

Запропонована технологічна схема представлена на рис. 2.

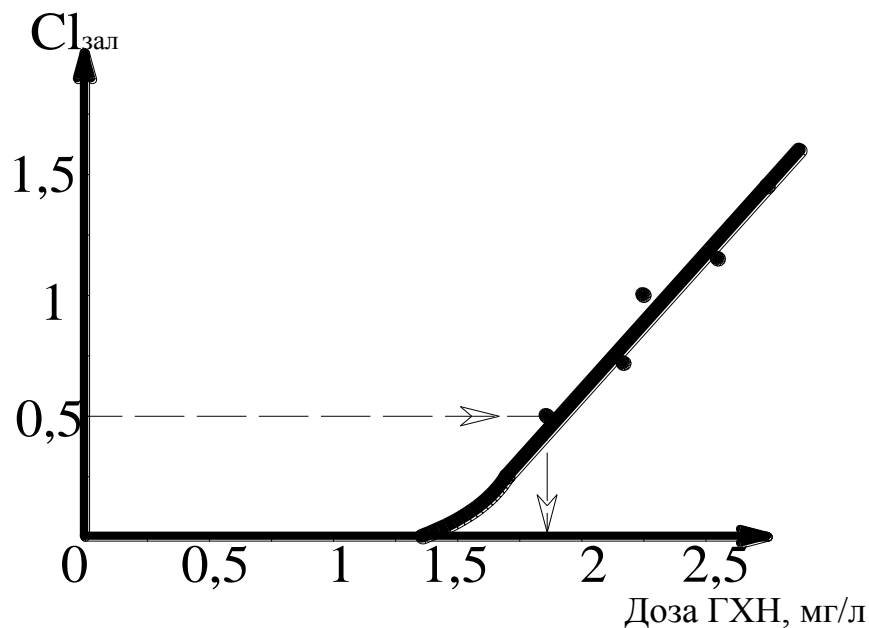


Рисунок 1 – Крива хлоропоглинання шахтної води шахти ім. Леніна

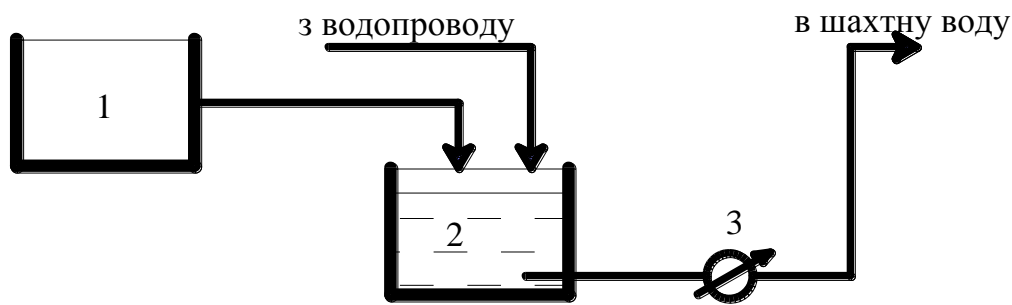


Рисунок 2 – Схема знезараження шахтної води товарним ГХН
 1 – склад товарного гіпохлориту натрію; 2 – витратний бак гіпохлориту натрію;
 2 3 – насос-дозатора

Рекомендується влаштувати самопливний рух концентрованого гіпохлориту натрію, тому контейнер ГХН, з якого відбирається розчин, розташовується на майданчику, піднятому над рівнем підлоги на 1 м, а витратні баки і дозатори розміщуються на рівні підлоги. Згідно технологічних розрахунків буде потрібно приміщення складу на 5 контейнерів, два витратні баки гіпохлориту натрію ємкістю 1000 л, два насоси-дозатори. Витратний бак наповнюється навіпіл концентрованим розчином ГХН, який розбавляється водою з водопроводу. Потрібен пристрій для перемішування ГХН з водою. Розбавлений розчин насосом-дозатором подається в очищену шахтну воду.

Нове обладнання для хлорування води може бути розміщене в існуючих приміщеннях хлораторних, які слід обладнати порталом для прийому контейнерів з ГХН і встановити вантажопідйомне устаткування (тельфер вантажопідйомністю 1,5 тонни). Приміщення також необхідно обладнати припливно-витяжною вентиляцією, що забезпечує 12-кратний обмін повітря на годину.

Транспортування ГХН від виробника до місця використання може здійснюватися в гумованих або поліетиленових бочках ємкістю 50-200 дм³, або в контейнерах ємкістю до 1000 дм³. Транспортування рекомендується здійснювати автомобільним транспортом відповідно до правил перевезення небезпечних вантажів.

Розроблені вимоги техніки безпеки при зверненні з ГХН, який є окислювачем, що викликає роздратування шкірних покривів і слизистих оболонок.

Гіпохлорит натрію є окислювачем, що викликає роздратування шкірних покривів і слизистої оболонки. ГХН при попаданні на шкіру може викликати опіки, а при попаданні в очі – сліпоту. При нагріванні вище 35°C ГХН розкладається з утворенням хлоратів або з виділенням хлора і кисню.

ГХН негорючий і невибухонебезпечний. Проте при контакті з горючими органічними речовинами (тирса, дрантя і ін.) в процесі висихання може викликати їх загоряння.

Устаткування повинне бути герметичним. Негерметичні вузли устаткування повинні бути забезпечені місцевими вентиляційними відсмоктуваннями.

Виробничий персонал повинен бути забезпечений спеціальним одягом і мати індивідуальні засоби захисту: захисні окуляри, гумові чоботи, гумові рукавички, фартух з гумової тканини і протигаз ФГ-13 В або ФЕ-13 БКФ (ГОСТ 12.4.121-83).

ГХН не допускається зберігати разом з органічними продуктами, горючими матеріалами і кислотами. При попаданні ГХН на шкірні покриви необхідно обмивати їх рясним струменем води протягом 10-12 хв. При попаданні бризок продукту в очі слід негайно промити їх рясною кількістю води і направити хворого до лікаря.

У разі загоряння – гасити водою, піском, углекислотними вогнегасниками. ГХН, що розлився, змивають водою.

Висновки. Традиційний спосіб хлорування шахтної води поки залишається ефективним, надійним і недорогим рішенням. Оптимальним методом знезараження є використання товарного гіпохлориту натрію.

Бібліографічний список:

1. Технологические схемы очистки от взвешенных веществ и обеззараживания шахтных вод. Каталог. – М.: ЦНИЭИуголь, 1985.
2. Бахир В.М. Дезинфекция питьевой воды: проблемы и решения / В.М. Бахир // Вода и экология. – 2003. – № 1. – С. 33-39.
3. Алексеева Л. П. Озонирование в технологии очистки природных вод / Л. П. Алексеева, В. Л. Драгинский // Водоснабжение и санитарная техника. – 2007. – № 4. – С. 25-30.
4. Альшин В. М. Применение технологии УФ-облучения воды взамен первичного хлорирования / В.М. Альшин, С.М. Безделин, С.В. Волков // Водоснабжение и санитарная техника. – 1996. – № 12. – С. 13–16.
5. Селезнев Г.М. Новые технологии и оборудование для дезинфекции воды - альтернатива хлору / [Г.М. Селезнев, С.М. Лыков, Ю.В. Бураково, Ф.В. Кармазинов и др.] // Безопасность труда в промышленности. – 2007. – № 2. – С. 64-66.
6. Jim Varlow. Byproduct of water disinfection progress // Medical News Today. – 2007. – Sep 15.
7. Гребенкин С.С. Физико-химические основы технологии осветления и обеззараживания шахтных вод / С.С. Гребенкин, В.К. Костенко, Е.С. Матлак. – Донецк: «ВИК», 2009. – 442 с.
8. Справочник по свойствам, методам анализа и очистке воды / Л.А. Кульский, И.Т. Гороновский, А.М. Когановский, М.А.Шевченко. – К.: Наукова думка, 1980. – 1206 с.

Надійшла до редакції 28.10.2010

Н.П.Омельченко, Л.И.Коваленко

ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЕ ШАХТНЫХ ВОД ТОВАРНЫМ ГИПОХЛОРИТОМ НАТРИЯ

Рассмотрено предложение по использованию товарного гипохлорита натрия вместо жидкого хлора при обеззараживании шахтных вод перед сбросом в природу. Внедрение гипохлорита натрия позволяет отказаться от организации строгих защитных зон, связанных с техногенной опасностью использования жидкого хлора, упрощает эксплуатацию установок для обеззараживания. Проведены исследования свойств гипохлорита натрия, разработана технология обработки шахтной воды товарным гипохлоритом натрия.

обеззараживание шахтной воды, хлорирование воды, гипохлорит натрия, электролиз раствора поваренной соли

N. Omelchenko, L. Kovalenko

MINE WATER DISINFECTION WITH SODIUM HYPOCHLORITE

The paper considers the possibility of using sodium hypochlorite instead of liquid chlorine for mine water disinfection before water discharge in nature. The use of sodium hypochlorite allows giving up organization of strict protective areas related to the technogenic danger of liquid chlorine, simplifies the operation of disinfection units. We studied the properties of sodium hypochlorite and developed a technique of using it in mine water treatment.

mine water disinfection, water chlorination, sodium hypochlorite, salt solution electrolysis

© *Омельченко Н.П., Коваленко Л.И., 2010*