

ВИРІШЕННЯ ЕКОЛОГО-НЕБЕЗПЕЧНИХ ПРОБЛЕМ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ ТЕХНОЛОГІЙ ЗНЕЗАРАЖЕННЯ СТИЧНИХ ВОД

Є.О. Воробйов¹, М.О. Ніколенко¹, А.К. Чудовська², Г.П. Василенко¹

1 – Автомобільно-дорожній інститут ДВНЗ "ДонНТУ", м. Горлівка

2 – ДВНЗ "ДонНТУ", м. Донецьк

АНОТАЦІЯ: Розглянуті технологічні схеми знезараження стічних вод і вплив негативних факторів на безпеку навколишнього середовища розроблені засоби які забезпечують безпечність виконання робіт. Виконаний розрахунок різних категорій приміщень по вибухопожежобезпечній і пожежній безпечності.

АННОТАЦИЯ: Рассмотрены технологические схемы обеззараживания сточных вод и влияние негативных факторов на безопасность окружающей среды. Разработаны меры, которые обеспечивают безопасность выполнения работ. Выполнен расчет различных категорий помещений по взрывопожаробезопасности и пожарной безопасности.

SUMMARY: Technological drafts of sewage disinfection and the negative influence on the environment safety are examined. Safety procedures are developed. Different categories of placements in terms of explosion and prevention are calculated.

Вступ

Шахтні води є джерелом розповсюдження інфекційних захворювань, томи вони підлягають знезараженню. Основними методами є знезараження рідким хлором, гідролізним способом і з застосуванням ультрафіолетового випромінювання. Застосування того чи іншого способу є небезпечним для оточуючих людей і навколишнього середовища. Тому проблеми безпечної експлуатації знезаражувальних устаткувань і будівель для них є особливо актуальною для всіх регіонів, де вони використовуються.

Постановка проблеми

Всі стічні і шахтні води (у подальшому – води) містять велику кількість патогенних бактерій. Тому у звичайних умовах високих ризик від мікробного зараження пов'язаний з вживанням води, забрудненої стічними водами. Особливу небезпеку становить попадання вод в підземні

водоймища. Знезараження може бути виконано хлоруванням з застосуванням рідинного хлору, або одержанням хлору гідролізним методом, ультрафіолетовим випромінюванням та іншими методами з використанням сильнодіючих окислювачів.

У зв'язку з зростаючим дефіцитом водних ресурсів і необхідністю використання для технічних і питних потреб очищених вод набула особливого значення необхідність їх знезараження. Знезараження вод пов'язано з цілим рядом небезпечних факторів, які виливаються на навколишнє середовище і являються різноманітними по фізичним і хімічним ознакам для всіх технологій знезараження.

Аналіз останніх досліджень

Найбільш розповсюдження у вугільній промисловості знайшов метод знезараження води хлоруванням. При цьому розрахункову дозу хлору після механічного очищення приймають 10 г на куб. метр відстояних вод, а після повного штучного біологічного очищення – 3 г на куб. метр, після неповного штучного біологічного очищення - 5 г на куб. метр. Показник хлоруємності для води виявляється найбільшою фазою хлору (мг/л) при введенні якої у досліджуєму воду в останній після 30-хвилинного контакту досягається коли індекс не більше 1000 в 1 л остаточному хлорі не менше 1,5 мг/л.

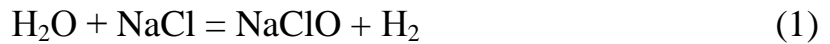
Хлор відноситься до сильнодіючих отруйних речовин (СДОР), клас небезпечності 2. Може знаходитися у газоподібному, рідинному або твердому стані. В зв'язку з тим, що хлор у воді розчиняється погано, то хлорування води виконується тільки газоподібним хлором. Так як газоподібний хлор в 2,5 рази тяжче повітря, він стелиться по землі. Досліджено, що при наявності вологи хлор енергійно взаємодіє зі всіма металами, піддає їх корозії. Хлор енергійно вступає зі всіма живими організмами, руйнуючи їх. Тому гранично допустима концентрація (ГДК) хлору у промислових приміщеннях 1 мг на куб. метр. Знаходження в атмосфері, у якій утримується 0,01% хлору і вище, швидко веде до тяжких захворювань легень.

У рідкому хлорі допустиме утримання трьох хлористого азоту NCl_3 до 0,005%. Пари його подразнюють слизисту оболонку очей. NCl_3 – вибухова речовина, яка осідає при випарюванні рідинного хлору у трубопроводах, випарювачі, проміжному балоні. Вибух трьох хлористого азоту виникає при нагріванні, трясінні, ударі, освітлені прями сонячним променем.

У знезараженій хлором воді присутній остаточний хлор (нормативна величина складає 1,5 мг/л), так і велика кількість хлорамінів і хлорорганічних з'єднань. Висока токсичність хлоруємих вод приводить до негативних факторів для рибного господарства і всьому біосинтезу водоймищ.

На деяких підприємствах вугільної галузі застосовуються хлораторні устаткування ЕП-10-25 призначені для одержання гіпохлориту натрію (NaClO) методом електролізу розчину кухонної солі. Технологічні властивості гіпохлориту натрію аналогічні хлору.

Для цього електролізного устаткування виготовляється електроліт (10% розчин кухонної солі NaCl, потім подається у електролізер, де при подачі через нього постійного току 40-50 А при напрузі 12 В відбувається реакція:



з виділенням гіпохлориту натрію і водню. Негативний вплив хлору на навколишнє середовище розглянуто вище, а накопичення водню може привести до вибухонебезпечних факторів.

Мета статті

Метою теперішньої роботи є аналіз і дослідження негативного впливу на навколишнє середовище устаткувань для знезараження води, розроблення рішень для зниження цих наслідків існуючих технологічних рішень, дослідження використання знезараження шахтних вод безпечною технологією. З'ясувати вплив на вибухо- і пожаро-небезпечність виділення водню при електролізному методі знезараження води.

Викладення основного матеріалу досліджень

При експлуатаванні хлораторних устаткувань можливі викиди хлору у навколишнє середовище, що приводить до отруєння працюючих, а також негативно впливає на фауну і флору.

На основі проведеного нами аналізу і досліджень на шахтах Центрального району Донбасу були запропоновані рішення і методи по покращенню безпечності експлуатації хлораторних.

Випарювання рідинного хлору відбувається у проміжному балоні або випарювачі. Необхідна очистка газу від бруду і масел. Для цього з стандартного балону необхідно видаляти сифонну трубку, а замість цього в горловину балону вставити двопрхідний вентиль. Для обробки пошкоджених балонів у хлораторній встановлюють футляр.

Відділення трьоххлористого азоту, який накопичується у трубопроводах, випарювачі і проміжній посудині, треба проводити не рідше одного разу в два місяці продувкою стиснутим повітрям, азотом або іншим інертним газом.

Для знезараження пошкоджених балонів споруджують аварійний колодязь на відстані не менш 10 м від хлораторної. У ньому улаштовують непроникаючу для води стінку і дно і закривають з'ємною дерев'яною кришкою.

До приміщень хлораторної пред'являють особисті вимоги. Хлораторну розташовують на першому поверсі і розміщують в роздільному приміщенні або сполучають з очищувальними спорудами.

Роздільно стоячу хлораторну обладнують двома виходами: один – через тамбур, другий – безпосередньо на зовні. Всі двері повинні відкриватися назовні.

Приміщення хлораторної обладнують постійно діючою приточно-витяжною вентиляцією з механічним набудженням. Витяжну вентиляцію розраховують на шестикратний повітряний обмін і виконують із хлорстійких матеріалів. Вилучення повітря виконується в об'ємі 80% з нижньої зони приміщення і 20% - з верхньої зони, приточне повітря направляють у верхню зону. Вентиляційне повітря викидається через трубу висотою вище на 2 м конька криши самої високої споруди, яка знаходиться у радіусі 15 м.

При експлуатуванні хлораторного устаткування ЕП-10-25 призначеного для одержання гіпохлориту натрію шляхом електролізу розчинів кухонної солі виділяється водень, який може привести до вибуху у приміщенні. Тому необхідно визначення категорії приміщення по вибухо- і пожежа-небезпечності, а також визначення вибухонебезпечної зони.

При розрахунку ураховуються слідуєчі максимально небезпечні умови:

- 1) Відмова автоматики відключення устаткування.
- 2) Ручне відключення устаткування (розрахунковий час відключення – 300 с).
- 3) Відмова вентиляційної системи.

Для розрахунку приймаємо розміри вузла знезараження устаткування ЕП-10-25: довжина – 3,8 м; ширина – 3,1 м; висота – 3,0 м.

При максимальній виробничій потужності устаткування 25 кг активного хлору за добу (17,36 г активного хлору за хвилину) в газовий від'єднувач надходить 0,4875 г водню за хвилину і за умов експлуатування газовий від'єднувач заповнюється воднем впродовж 5 хвилин. Маса його складає $0,4875 \times 5 = 2,4375$ г.

При разгерметизуванні устаткування і її ручному вимкненні в приміщення надійде ще додатково $0,4875 \times 5 = 2,4375$ г водню.

Таким чином, максимальна кількість водню, який надійде в приміщення внаслідок аварії, буде складати 4,875 г (54,6 л).

Надлишковий тиск вибуху для горючих речовин, які складаються з атомів водню буде:

$$\Delta P = (P_{\max} - P_0) \cdot \frac{m \cdot z}{V_{св} \cdot \rho} \cdot \frac{100}{C_{ст}} \cdot \frac{1}{K_H} \cdot N, \quad (2)$$

де: P_{\max} – максимальний тиск вибуху стехіометричної газоповітряної суміші в замкнутому об'ємі. При відсутності даних можливо приймати $P_{\max} = 900$ кПа;

P_0 – початковий тиск, кПа (можливо приймати 101 кПа);
 m – маса горючого газу, який вийшов внаслідок аварії, яку розраховуємо, до приміщення;
 z – коефіцієнт участі газу у вибуху, для горючих газів 0,5;
 $V_{св}$ – вільний об'єм приміщення, приймаємо 35,34 м³;
 ρ – щільність газу, кг/м³;
 N – кількість робочого устаткування, шт.

$$\rho = \frac{T \cdot M}{V_H \cdot (t_e + 273,2)}, \quad (3)$$

де: T – температура газу, 273,2°К;
 V_H – об'єм водню, приймаємо 22,4 л;
 M – молекулярна маса, приймаємо 2,016;
 t_e – температура повітря, приймаємо 16°К.

$$\rho = \frac{273 \cdot 2,016}{22,4 \cdot (16 + 273,2)} = 0,085.$$

$$C_{cm} = \frac{100}{1 + 4,84 \cdot \beta}, \quad (4)$$

де: β – стехіометричний коефіцієнт кисню в реакції спалювання.

$$\beta = n_c + \frac{n_c - n_x}{5} - \frac{n_o}{2} = 0 + \frac{2-0}{5} - \frac{0}{2} = 0,5, \quad (5)$$

де: n_c, n_H, n_X, n_O – кількість атомів С, Н, О і галоїдів в молекулі палива.

$$C_{cm} = \frac{100}{1 + 4,84 \cdot 0,5} = 29,24\%(\text{об.}).$$

$$\Delta P = (900 - 101) \cdot \frac{0,004875 \cdot 0,5}{35,34 \cdot 0,085} \cdot \frac{100}{29,24} \cdot \frac{1}{3} = 2,157 \text{ кПа}, \text{ що менш } 5 \text{ кПа}.$$

Таким чином, в приміщенні водень не може утворити газоповітряну суміш, при займанні якої виникне надлишковий тиск вибуху. Тому приміщення, в якому встановлені 3 робочі електролізні пристрою ЕН-10-25, не відносяться до вибухо- і пожежа-небезпечних категорій.

Об'єм вибухонебезпечної газоповітряної суміші знайдемо за формулою:

$$V_{ВГСМ} = \frac{1,5 \cdot G \cdot 100}{C_{НКПВ} \cdot n} \cdot N, \quad (6)$$

де: 1,5 – коефіцієнт запаса;
 G – кількість газу в приміщенні, м³;
 $C_{НКПВ}$ – нижня межа запалення водню, 4,09%.

В приміщенні, де встановлена одна робоча установка ЕП-10-25, за 5 хвилин при непрацюючій вентиляції надійде 4,875 г водню і згідно закону Авогадро об'єм водню буде 0,0546 м³. Тоді:

$$V_{ВГСМ} = \frac{1,5 \cdot 0,0546 \cdot 100}{4,09 \cdot 1,4} = 1,43 \text{ м}^3.$$

Знайдемо заповнення вибухонебезпечної газоповітряної суміші у вільному об'ємі в відсотковому співвідношенні:

$$B = \frac{V_{ВГСМ} \cdot 100}{V_{ВС}} = \frac{1,43 \cdot 100}{35,34} = 4,04 \leq 5\% . \quad (7)$$

Таким чином, об'єм вибухонебезпечної газоповітряної суміші не перевищує 5% вільного об'єму приміщення.

Вибухонебезпечна зона умовно приймається від відмітки 0,75 загальної висоти приміщення, відраховуючи від рівня полу. Приміщення вузла відноситься до категорії „Д”.

Перспективним методом знезараження шахтної води є використання для цього ультрафіолетового випромінювання (УФ). Розуміння механізму УФ знезараження було досягнуте в 60-х роках при зіставленні дії УФ з реакціями, що відбуваються в молекулах ДНК. При дослідженні співвідношення бактерицидної дії УФ і спектром поглинання ДНК і протеїну було встановлено, що інактивація бактерій відбувається в основному за рахунок необоротних пошкоджень ДНК.

Головну роль при цьому грає утворення тімінових і пиримідинових димерів, відповідальних за летальне пошкодження ДНК.

Ефективність знезараження залежить від коефіцієнта пропускання УФ випромінювання водою на довжині хвилі 254 нм, а також від концентрації забруднюючих речовин. Чим більше коефіцієнт пропускання, тим більше середня інтенсивність УФ випромінювання і, отже, більше доза УФ опромінення, вище ефект знезараження.

При застосуванні УФ випромінювання по зрівнянню з хлоруванням рідинним хлором або електролізом натрію виключається негативний вплив на навколишнє середовище остатнього хлору і при аварійних ситуаціях на устаткуванні.

Висновки

1. На відміну від хлорування і електролізного методу, після дії УФ у воді не утворюється шкідливих органічних сполук навіть у разі багатократного перевищення необхідної дози. Це, зокрема, дозволяє значно спростити контроль за процесом знезараження і не проводити аналізи на визначення вмісту у воді остатньої концентрації дезинфектанта.

2. УФ опромінювання летально для більшості водних бактерій, вірусів, спор і простіших. Воно знищує збудників таких інфекційних хвороб, як тиф, холера, дизентерія, вірусний гепатит, поліомієліт і ін. УФ випромінювання інактивує навіть ті віруси, які не піддаються дії хлору.

3. Метод УФ опромінювання безпечний для людей, відсутня необхідність створення складів токсичних хлорвміщуючих реагентів, що вимагають дотримання спеціальних заходів технічної і екологічної безпеки, що підвищує надійність систем водопостачання і каналізації в цілому.

4. Процес УФ знезараження може бути легко автоматизований.

5. При УФ випромінюванні нема проблем корозії технологічного обладнання.

6. Для знезараження УФ випромінюванням характерні більш низькі, ніж при хлоруванні і тим більше, озонуванні експлуатаційні витрати. Це пов'язано з порівняно невеликими витратами електроенергії (в 3-5 разів меншими, ніж при озонуванні); відсутністю потреби в дорогих реагентах; рідкому хлорі, гіпохлориті натрію або кальцію, а також у відсутності необхідності в реагентах для дехлорування.

Література

1. Певзнер М.Е., Костовецкий В.П. Экология горного производства. М.: Недра, 1990.- 230 с.

2. Горшков В.А. Очистка и использование сточных вод предприятий угольной промышленности. М.: Недра, 1981.- 268 с.

3. Воробьев Є.О., Савощенко М.О., Чудовська А.К. Деякі аспекти поліпшення екологічної обстановки вугільних регіонів. IV Міжнародна наукова конференція. Донецьк.- 2007.- С. 36-37.

4. Воробьев Е.А., Николенко Н.А. Новые пути решения экологических проблем на шахтах ЦРД. Экологические проблемы индустриальных мегаполисов. Донецк.- 2006.- С. 34-36.

5. Воробйов Є.О., Сачко І.В., Положинська Н.Ю. Знезараження шахтної води. III Міжнародна науково-практична конференція. Донецьк.- 2004.- С. 144-145.