



УДК 628.161.2:546.72

КАТАЛІТИЧНЕ ОКИСНЕННЯ ЗАЛІЗА В ПРОЦЕСАХ ЗНЕЗАЛІЗНЕННЯ ПРИРОДНИХ ТА СТИЧНИХ ВОД

М.Д. Гомеля, М.М. Твердохліб, В.О. Мігранова
Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського
пр. Перемоги, 37, Київ-56, 03056, Україна
e-mail: migranovavo@gmail.com

З кожним роком проблема якості питної води стає все актуальнішою. Внаслідок інтенсивного забруднення поверхневих та підземних джерел, процес очищення питної води становиться все складнішим та дорожчим. Водні ресурси забруднені токсичними сполуками, які при потраплянні в організм людини призводять до розвитку хронічних захворювань. Для вирішення цієї проблеми потрібно впроваджувати сучасні технології очищення природних та стічних вод. Більшість наявних технологій очищення води від забруднюючих речовин є застарілими та потребують значних фінансових вкладень. Тому вдосконалення методів очищення та створення нових реагентів являється перспективним та доцільним.

Присутність у воді сполук заліза, а також підвищені показники жорсткості та мінералізації являються одними з головних проблем якості води. Сполуки заліза потрапляють у природні води за рахунок процесів вивітрювання, ерозії ґрунтів та розчинення гірських порід. Значні кількості заліза надходять зі стічними водами різних підприємств [1].

В залежності від валентності сполуки заліза можуть перебувати в природній воді у розчиненому, колоїдному і зваженому стані, а також у вигляді різних хімічних сполук [2]. Двохвалентне і трьохвалентне залізо, яке містяться у воді, не засвоюються організмом і є для нього токсичним забрудненням. При потраплянні в організм подразнюються слизові оболонки і шкіра, може викликати гемохроматоз і алергію. Присутність заліза у воді погіршує органолептичні показники. При контакті з повітрям вода набуває забарвлення, мутніє, стає непридатною для приготування їжі. При транспортуванні залізовмісних вод посилюються процеси корозії металевих труб. При подачі такої води в котли утворюється накип. Через вказані причини вміст заліза у воді обмежується в різних галузях промисловості [3].

На практиці існуючі методи видалення сполук заліза часто не забезпечують заявлених показників очищеної води. Вибір методу видалення заліза з природних вод залежить від форми присутньої в воді тих чи інших сполук, кількості та властивостей вихідної води. Технології видалення з води заліза, що використовуються в даний час включають у себе процеси, які дозволяють збільшувати швидкість окиснення іонів Fe^{2+} з подальшим утворенням і відділенням нерозчинних фаз або їх видалення в процесах адсорбції чи хемосорбції за допомогою мембранних технологій або іонного обміну.

Способи розділяють на дві основні групи: методи, які передбачають попереднє окиснення заліза (реагентне окиснення, аерація, каталітичне окиснення, електрохімічне окиснення, біологічне окиснення) та методи, які не потребують попереднього окиснення заліза (сорбційне, мембранне та іонообмінне очищення води).

Останнім часом активно досліджуються високодисперсні сорбенти та каталізатори, що містять в своїй будові частки з магнітними властивостями. Частинки магнітних матеріалів відкривають великі перспективи для створення систем, що проявляють підвищену активність в умовах каталітичних реакцій. Одним з оптимальних матеріалів являються наночастинки на основі феритів. Сорбенти на основі оксидних сполук заліза активно



застосовуються в різних хімічних технологіях. Встановлено, що наночастинки магнетиту (Fe_3O_4) проявляють сорбційну активність стосовно солей важких металів, нітратів та нафтопродуктів [4].

При цьому сорбційні властивості будуть залежати від розміру часток та площі їх поверхні, що в свою чергу залежить від способу синтезу магнетиту. Найпоширенішими методами отримання магнетиту є співосадження солей заліза в лужному середовищі, золь-гель метод та термічний розклад солей відповідних металів [5].

Магнітні частинки можливо отримати у вигляді магнітних рідин або суспензій, які представляють собою стабільну колоїдну систему високодисперсних частинок магнітного матеріалу в рідкому середовищі. Однією з важливих технологічних особливостей отримання магнітних рідин є захист колоїдних частинок від окислення і попередження їх агломерації в процесі отримання та зберігання. Задачу синтезу стійких і високомагнітних рідин успішно можливо рішення використовуючи методи хімічної конденсації [6].

Основною метою було створення магнітного сорбенту-катализатора для очищення води від сполук заліза на основі магнетиту, а також дослідження властивостей синтезованого сорбенту.

Для вивчення процесу видалення двохвалентного заліза проводились дослідження на модельних розчинах, що приготовлені на водопровідній воді, з концентраціями заліза (II) 5-30 мг/дм³. Початкові значення рН розчинів досягали 6,5-6,9. В якості катализатора використовували магнетит (Fe_3O_4). Для отримання магнетиту у вигляді суспензії застосовували метод осаження магнітних часток з суміші розчинів солей сульфату заліза (II) та хлориду заліза (III) в лужному середовищі.

Вихід продукту розраховували при співвідношенні $\text{Fe}^{2+}:\text{Fe}^{3+} = 1:2$ за реакцією (1):



Магнетит дозували в модельні розчини в заданих концентраціях 100-500 мг/дм³ по Fe_3O_4 . Дослід проводився при постійному перемішуванні розчину на магнітній мішалці. При постійному перемішуванні відбувається насичення води киснем і зменшення ущільнення шару осаду. Проби, після відстоювання, відбирались кожні 30 хвилин. В процесі експерименту фіксувалися рН розчинів, а також початкові та кінцеві концентрації заліза.

На основі отриманих даних була розрахована ефективність очищення за формулою (1).

$$E = \frac{(C_0 - C_{\text{рівн}})}{C_0} \cdot 100\% \quad (1)$$

де C_0 та $C_{\text{рівн}}$ – вихідна та рівноважна концентрація іонів заліза в розчині, мг/дм³.

Дослідження свідчать, що при початкових концентраціях заліза (II) 5-15 мг/дм³ вже після перших 30 хвилин контакту з магнетитом, при його дозах 200-500 мг/дм³ спостерігається висока ступінь вилучення іонів заліза з розчину. При початковій концентрації заліза (II) 25 мг/дм³ та дози магнетиту 500 мг/дм³ ступінь очищення дорівнює 99,6% вже після півтори години контакту. При більших концентраціях заліза (II), наприклад, 30 мг/дм³ і дози магнетиту 500 мг/дм³ спостерігається нижча ефективність очищення – 82,5%, в порівнянні з іншими результатами.

При постійному перемішуванні було досягнуто ефекту аерування води та збільшення площі контакту наночастинок магнетиту з іонами заліза, що забезпечило високу ефективність очищення води від іонів заліза. В залежності від дози магнетиту та часу контакту відбувається ефективне вилучення іонів заліза.

В таблиці 1. наведено вплив вихідної концентрації іонів заліза та дози магнетиту на ступінь очищення води.



Таблиця 1

Вплив вихідної концентрації іонів заліза та дози магнетиту на ступінь очищення води

Початкова C _{Fe2+} , мг/дм ³	Доза магнети ту, мг/дм ³	Рівноважна C _{Fe2+} , мг/дм ³					Ступінь очищення, %				
		Час контакту, хв									
		30	60	90	120	150	30	60	90	120	150
5,0	500	0	-	-	-	-	100	-	-	-	-
15		0	-	-	-	-	100	-	-	-	-
25		0,6	0,15	0,1	-	-	97,6	99,4	99,6	-	-
30		8,25	7,3	6,65	6,0	5,25	72,5	75,6	77,8	80,0	82,5
15	100	3	1	0,3	-	-	80	93,3	98	-	-
15	200	0,7	-	-	-	-	95,3	-	-	-	-

В результаті досліджень було показано, що при застосуванні магнетиту в процесах знезалізнення природних вод відбувається значне прискорення видалення сполук заліза. За низьких концентраціях заліза зниження його рівня досягається вже за 30 хвилин при дозі магнетиту 500 мг/дм³. При такій же дозі магнетиту, але за високої концентрації заліза 30 мг/дм³ ступінь очищення становить 82,5% через 2,5 години.

Не дивлячись на високу ефективність вилучення іонів заліза цей метод має свої недоліки. Магнетит являється дрібнодисперсним сорбентом. Відбувається постійне винесення частинок магнетиту з розчину та повільне його осадження.

Література:

1. Твердохліб М. М. Використання фільтруючого матеріалу змішаної дії при підготовці питної води / М. М. Твердохліб, М. Д. Гомеля, О. М. Терещенко // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. – 2015. – № 59. – С.111 – 117.
2. Экологическая гидрогеология / А. П. Белоусова, И. К. Гавич, А. Б. Лисенков, Е. В. Попов,. – М.: Академкнига, 2006. – 400 с.
3. Кулаков, В. В. Обезжелезивание и деманганация подземных вод [Текст]: учеб, пособие / В. В. Кулаков, Е. В. Сошников, Г. П. Чайковский. – Хабаровск: ДВГУПС, 1998. – 100 с.
4. Анисимова Н.Ю., Сенатов Ф.С., Миляева С.И., Киселевский М.В., Исследование сорбционных свойств ферритмагнитных наночастиц // Фундаментальные исследования. – 2011. – № 11. – С. 263-265.
5. Губин С.П., Кокшаров Ю.А., Хомутов Г.Б., Юрков Г.Ю. Магнитные наночастицы: методы получения, строение и свойства // Успехи химии.– 2005.– Т. 74, № 4. – С. 539–574.
6. El Ghandoor H., Zidan H. M., Khalil M. M. H. et al. Synthesis and Some Physical Properties of Magnetite (Fe₃O₄) Nanoparticles // Int. J. Electrochem. Sci. – 2012. – Vol. 7. – P. 5734–5745.

