

УДК 628.16

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ЗНЕЗАЛІЗНЕННЯ ТА ДЕМАНГАНАЦІЇ ПІДЗЕМНИХ ВОД

Оглоблін В. С.¹, магістр, Нагорний М. О.², магістр, Мушкет В. Л.³, асист.

ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Українського державного університету науки і технологій

¹ 19032.ohloblin@365.pdaba.edu.ua, ² 24101bb.nahornyi@365.pdaba.edu.ua,

³ mushket.victoria@pdaba.edu.ua

Постановка проблеми. Підземні води широко використовуються як джерело централізованого і децентралізованого водопостачання. Водночас, у багатьох регіонах України ці води мають підвищений вміст заліза (Fe^{2+}) і марганцю (Mn^{2+}), що обумовлено геохімічними умовами, складом гірських порід та анаеробним середовищем у водоносних горизонтах. Надлишок заліза й марганцю погіршує органолептичні властивості води, знижує ефективність роботи побутових і промислових систем, призводить до корозії труб, забивання фільтрів і появи осаду.

Згідно з чинними нормами ДСанПіН 2.2.4-171-10, гранично допустима концентрація заліза у питній воді не повинна перевищувати 0,2 мг/дм³, а марганцю – 0,05 мг/дм³ [1]. Реальні показники, що фіксуються у водозаборах Сумської, Чернігівської, Київської, Дніпропетровської областей, часто перевищують норму у 2–10 разів, що вимагає обов'язкового попереднього очищення води.

Мета дослідження. Метою дослідження є аналіз сучасних технологій знезалізнення та деманганації підземних вод, порівняння їх ефективності, а також обґрунтування вибору оптимальних методів для різних умов експлуатації.

Результати дослідження. У природних водах залізо зазвичай присутнє у двовалентній розчинній формі Fe^{2+} , яка є безбарвною і стабільною за анаеробних умов. При контакті з киснем Fe^{2+} окиснюється до Fe^{3+} , утворюючи бурий осад гідроксиду заліза. Марганець поводить подібно, але для його окиснення потрібний вищий рівень рН або сильніші окисники, зокрема перманганат або хлор. Тому марганець є більш стійким і важчим для видалення. Характеристика забруднюючих речовин та основних проблем, які вони викликають представлена в таблиці 1.

Таблиця 1

Забруднюючі підземні води речовини

Показник	Походження	ГДК у питній воді [1]	Основна проблема
Залізо (Fe^{2+})	Залізисті мінерали	0,2 мг/дм ³	Осад, смак, забивання труб
Марганець (Mn^{2+})	Марганцеві породи, руди	0,05 мг/дм ³	Чорний осад, токсичність

Для очистки підземних вод від заліза та марганцю застосовують аерацію та окислення, каталітичну фільтрацію, хімічне окислення, іонний обмін (табл. 2).

Аерація та окислення це базовий метод, який передбачає насичення води киснем, що викликає окиснення Fe^{2+} до Fe^{3+} з подальшим утворенням нерозчинних сполук, які легко відфільтровуються. Ефективність зростає при рН > 6,8. У разі марганцю потрібні додаткові реагенти або тривалий час контакту. Ефективно застосовується у водоочисних спорудах Полтавської області [2]. Метод детально досліджено у роботі [3], де доведено, що при

правильному підборі умов фільтрації можна досягти ефективного видалення як заліза, так і марганцю навіть без застосування реагентів.

Таблиця 2

Порівняння методів знезалізнення та деманганації підземних вод

Метод	Ефективність видалення		Потреба в реагентах	Потреба в регенерації
	Fe (%)	Mn (%)		
Аерація фільтрація	80	50	низька	ні
Каталітичне фільтрування (BIRM, Greensand)	95	90	середня	так
Окиснення реагентами (Cl ₂ , KMnO ₄)	98	95	висока	ні
Іонообмін	70	60	середня	так

Для каталітичної фільтрації використовуються фільтрувальні завантаження (Greensand, BIRM, модифіковане залізо-фільтруюче завантаження (МЖФ)), які виступають каталізаторами реакцій окиснення. Вода попередньо аерується або обробляється окисниками. Завантаження мають регенераційний ресурс. За даними [4], МЖФ забезпечувало зниження Fe до 0,05 мг/дм³ та Mn до 0,02 мг/дм³.

Для реалізації хімічного окиснення до води додають сильні окисники – гіпохлорит натрію, перманганат калію або озон. Метод забезпечує швидке та повне окиснення Fe²⁺ і Mn²⁺, але потребує точного дозування, контролю залишкових реагентів та обліку утворення побічних продуктів. Використовується у водозаборах Чернігівщини [2].

Іонний обмін менш поширений, але точний метод, застосовується для доочищення. Вилучає разом інші катіони, але чутливий до органіки та необхідно регенерувати смоли.

У Сумській області ефективним виявилось поєднання аерації, окиснення та фільтрації через багатошарове завантаження. У Львівській області експлуатуються установки з Greensand Plus, які регенеруються перманганатом калію. У приватних системах очищення використовуються завантаження типу Ecomix, які комбінують знезалізнення, деманганацію та пом'якшення.

Висновки. Процеси знезалізнення та деманганації води є ключовими для забезпечення її безпечного споживання. Вибір методу залежить від концентрації забруднень, рівня рН, вмісту кисню, органіки та умов експлуатації. Комбіновані системи аерації з каталітичною фільтрацією сьогодні є оптимальними з погляду ефективності та вартості. Подальші дослідження спрямовані на підвищення селективності фільтрувальних матеріалів, зниження витрат на регенерацію та автоматизацію процесу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДСанПіН 2.2.4-171-10. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною. Затв. МОЗ України 12.05.2010.
2. Гумницький Я. М., Романюк Л. М. Технології очищення підземних вод від заліза і марганцю. *Екологія та природокористування*. 2019. № 2. С. 23–28.
3. Іващенко І. М. Знезалізнення підземних вод з використанням комбінованої технології. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. 2021. № 4. С. 85–89.
4. Greszta J., Balon J. The removal of iron and manganese from groundwater by filtration. *Environmental Engineering*. 2016. Vol. 18 (3). Pp. 154–160.