

РЕГЕНЕРАЦІЯ ТА ПОВТОРНЕ ВИКОРИСТАННЯ МАГНЕТИТОВИХ НАНОКОМПОЗИТІВ У ПРОЦЕСАХ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ

Свиридюк Катерина

асистент

Іванюк Марія

здобувачка вищої освіти

Кафедра хімії

Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Численні забруднювачі у величезних кількостях потрапляють у навколишнє середовище внаслідок різної антропогенної діяльності людини. Водойми є одними з основних приймачів цих забруднювачів. Забруднена вода може становити серйозну загрозу для людей і тварин, порушуючи екосистему. У якості вирішення проблеми хімічного забруднення води дедалі частіше розглядаються механізми адсорбування забруднювачів спеціальними адсорбентами. Під час очищення забрудненої води процеси адсорбції досягли значної зрілості завдяки нижчій вартості, простоті експлуатації та екологічності. Процес адсорбції використовує різні адсорбуючі матеріали, і деякі з нових адсорбуючих матеріалів включають магнітні наноккомпозити на основі вуглецю та полімерів. Ці гібридні магнітні наноккомпозити отримали широке застосування в технологіях очищення води завдяки своїм магнітним властивостям, а також поєднанню унікальних характеристик органічних та неорганічних елементів. Магнітні наноккомпозити

на основі вуглецю та полімерів є більш адаптованими матеріалами для видалення різних видів забруднювачів з водою. [1]

Нажаль, часто адсорбенти важко відновити після процесу адсорбції. Для вирішення цієї проблеми широко застосовуються технології розділення за допомогою магнітного поля, при цьому матеріали на магнітній основі використовуються як недорогі та високоефективні адсорбенти для іонів важких металів; їх називають відновлюваними та перероблюваними адсорбентами, оскільки їх можна легко відновити після адсорбції для регенерації та повторного використання. [2]

Спочатку магнітні нанокompозити диспергуються у розчині зразка для адсорбції забруднюючих речовин шляхом специфічних взаємодій (наприклад, переносу електронів, утворення хімічних зв'язків, сил Ван-дер-Ваальса, електростатичних взаємодій, Н-зв'язків та π - π -зв'язків). Після завершення адсорбції магнітний матеріал, завантажений захопленими забруднювачами, відокремлюється від очищеної води за допомогою зовнішнього магніту. Потім, за допомогою десорбційного розчинника, забруднюючі речовини видаляються з магнітних композитів, а адсорбент регенерується (за допомогою хімічної обробки) і може бути знову використаний для деконтамінації інших зразків води. [3-5]

Крім хімічної десорбції в якості регенерації використовують також механічне промивання адсорбента та його ультразвукову очистку (актуально для фізично адсорбованих речовин) або ж термічну регенерацію (такий механізм застосовується рідше через ризик структурних змін нанокompозиту). Однак, не зважаючи на можливість регенерації, ресурс наноматеріалів щодо адсорбційної здатності та повторного використання є обмеженим і суттєво знижується уже після 3-5 циклів регенерації. Для покращення стабільності та повторної придатності матеріалу магнетит модифікують діоксином кремнію, або використовують природні сорбенти. [4]

Регенерація магнетитових нанокompозитів є ключовим чинником для їх ефективного й екологічно безпечного застосування в технологіях очищення води. Згідно з аналізом літератури, оптимальними є комбінації хімічних і фізичних методів регенерації, а також використання стабілізованих композитів. Магнітні нано- та мікроматеріали на основі заліза, кобальту, нікелю, магнетиту та маггеміту досліджуються разом з широким спектром інших матеріалів, або як матриці, або як покриття для металевих серцевин. Найбільш вивчені магнітні композити включали структури на основі вуглецю та полімерів. Зокрема, велика кількість наукових праць свідчить про потенціал магнітних композитів на основі вуглецевих нанотрубок та оксиду графену. Що стосується полімерів, існує широка різноманітність матеріалів, а нещодавні дослідження вказують на потенціал звичайних природних та синтетичних полімерів, гідрогелів, аерогелів, MOF та COF. Крім того, було повідомлено про кілька важливих досягнень у використанні магнітних композитних матеріалів на основі кремнезему,

біовугілля та глини, що пропонує широкі можливості для видалення барвників, ліків, пестицидів, іонів важких металів та інших забруднювачів із забруднених зразків води. [5]

Список використаних джерел

1. Regeneration and reuse of magnetic particles for contaminant degradation in water / L. Hernández та ін. *Journal of Environmental Management*. 2021. Т. 285.
2. Jain R. Magnetite–graphene nanocomposites to treat contaminated water: a review. *Applied Water Science*. 2025. Т. 15, вип. 223.
3. Magnetic nanocomposites for sustainable water purification—a comprehensive review / A. Mehmood та ін. *Environmental Science and Pollution Research*. 2021. Т. 28, вип. 1. С. 1–26.
4. An Updated Overview of Magnetic Composites for Water Decontamination / A.-G. Niculescu та ін. *Polymers*. 2024. Т. 16, вип. 5.
5. Tran H. V., Huynh C. D., Tran L. D. Chapter 4 - Recoverable and regenerable magnetite-based nanocomposite adsorbents for heavy metal removal in contaminated water. *Green Sustainable Process for Chemical and Environmental Engineering and Science*. 2023. С. 113–154.