

ВИКОРИСТАННЯ НАНОКОМПОЗИТІВ Fe_3O_4 ДЛЯ СОРБЦІЇ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ ІЗ ВОДНИХ РОЗЧИНІВ

Свиридюк Катерина
асистент

Іванюк Марія
здобувачка вищої освіти
Кафедра хімії

Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Поряд із технологічним прогресом, забруднення токсичними металами стало серйозною проблемою, що загрожує здоров'ю людини. Свинець, ртуть, хром, миш'як, кадмій, цинк, мідь та нікель є найпоширенішими забруднювачами, що містяться в забруднених поверхневих водах, ґрунтових водах та промислових стічних водах. Вплив важких металів створює серйозні загрози для екосистеми та здоров'я людини через їх високу токсичність, небіорозкладність та стійкість у навколишньому середовищі. Як повсюдний та пріоритетний забруднювач Pb(II) переважно скидається з різних джерел, включаючи гірничодобувну промисловість, виробництво акумуляторів та металургію, поліграфічну та фарбувальну промисловість, а також плавильні підприємства. Якщо забруднену воду пити протягом тривалого часу, свинець може накопичуватися в органах людини та спричиняти різні види захворювань, що вражають кров, нирки, мозок

та серце. Таким чином, вміст іонів Pb(II) у промислових стічних водах має бути повністю усунений або мінімізований перед їх скиданням у водойми-приймачі. Традиційні методи очищення води мають обмеження в ефективності, вартості або селективності. У цьому контексті нанокompозити на основі магнетиту (Fe_3O_4) вважаються перспективними сорбентами завдяки їхній високій питомій поверхні, здатності до функціоналізації та простоті магнітного відокремлення після процесу сорбції. [1]

Особливості адсорбції найбільш поширених забруднюючих йонів важких металів на поверхні наночастинок магнетиту відбувається з урахуванням їх різної хімічної природи, що потребує врахування при розробці адсорбентів до кожного із забруднювачів. Так, до прикладу, автори [2] описуючи ефективність магнітного хітозан-лігносульфонатного композиту ($\text{Fe}_3\text{O}_4 @ \text{MCLS}$) для видалення Cr(VI) та інших важких металів з води, стверджують, що адсорбція відбувалася за моношаровим механізмом, при цьому мали місце електростатичні взаємодії, комплексоутворення, поверхнева інтеркаляція та відновлення токсичного Cr(VI) до Cr(III) на композитному адсорбенті.

Результати дослідження [3] адсорбційної здатності нанорозмірного магнетиту щодо Pb(II), Cu(II), Zn(II) та Mn(II) показують, що адсорбційна здатність наночастинок Fe_3O_4 є максимальною для Pb(II) та мінімальною для Mn(II), ймовірно, через різне електростатичне притягання між катіонами важких металів та негативно зарядженими центрами адсорбції, головним чином пов'язане з гідратованими іонними радіусами досліджуваних важких металів. Враховуючи кислотно-основну природу поверхні адсорбента та природу адсорбованих металів, у кожному випадку на показник адсорбції серйозний вплив чинить показник pH та температурний режим.

Новий нанокompозит на основі оксиду графену (GO), що містить хітозан, біологічний полімер, у поєднанні з магнітним наночастиновим неорганічним матеріалом (Fe_3O_4), був успішно отриманий та застосований для адсорбції Pb(II) з водних розчинів колективом вчених [4]. Одержаний у такий спосіб адсорбент показав максимальну адсорбційну ємність 63,45 мг/г. При цьому результати дослідження дозволяють стверджувати, що процеси адсорбції мали хімічний характер.

Ще одним модифікуючим агентом, що значно підвищує адсорбційну спроможність наночастинок магнетиту, є вугілля. Так, у роботі [5] вчені дослідили характер адсорбції Cu (II), Cd (II), Pb (II), As (III) на поверхні наночастинок магнетиту модифікованого активованим вугіллям. При цьому на адсорбційну ємність адсорбента суттєво впливають показники pH середовища. [5-6]

Таким чином, розробка новітніх методів та систем очистки стічних вод, а також поверхневих ґрунтових вод, передбачає впровадження нанотехнологічних рішень. Найперспективнішою основою для синтезу нанокompозитів-адсорбентів є магнетит завдяки своїм унікальним властивостям, що дозволяють не лише

ефективно проводити очистку води, але й успішно видаляти адсорбент. Для покращення адсорбційної ємності та зниження екотоксичності наночастинки магнетиту піддають функціоналізації з використанням різноманітних органічних та неорганічних реагентів.

Список використаних джерел

1. Alhameedawi F. A. H., Maybodi A. S., Khathi M. T. Synthesis and characterization of AC@Fe₃O₄ nanocomposite and its application as an efficient adsorption for removal of some heavy metal's ions from aqueous solutions. *Iranian Journal of Chemistry and Chemical Engineering (IJCCE)*. 2025.
2. Magnetic MXene chitosan-lignosulfonate composite (Fe₃O₄@ MCLS) for the reductive removal of Cr(VI) and other heavy metals from water / H. Alyasi та ін. *Journal of Hazardous Materials Advances*. 2025. Т. 17.
3. Giraldo L., Erto A., Moreno-Piraján J. C. Magnetite nanoparticles for removal of heavy metals from aqueous solutions: Synthesis and characterization. *Adsorption*. 2013. Т. 9, вип. 2. С. 465–474.
4. Sharifi M. J., Nouralishahi A., Hallajisani A. Fe₃O₄-chitosan nanocomposite as a magnetic biosorbent for removal of nickel and cobalt heavy metals from polluted water. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2023. Т. 248, вип. 3.
5. Applications of Nano Composites for Heavy Metal Removal from Water by Adsorption: Mini Review / A. Taher та ін. *J Nanostruct*. 2024. Т. 14, вип. 4. С. 1239–1251.
6. Fe₃O₄/Graphene Oxide/Chitosan Nanocomposite: A Smart Nanosorbent for Lead(II) Ion Removal from Contaminated Water / L. Q. Vo та ін. *ACS Omega*. 2024. Т. 9, вип. 15. С. 17506–17517.