

Фактори, які впливають на вибір методики введення наповнювача:

1. Тип полімерної матриці: Термопласти або термореактивні полімери.
2. Розмір і тип наповнювача: Макро-, мікро- чи наночастинки.
3. Кінцеві властивості матеріалу: Механічна міцність, термостабільність, стійкість до радіації.
4. Технологічна доступність: Наявність обладнання та економічна доцільність.

Отже, розробка ефективних методик введення неорганічних наповнювачів у полімерну матрицю є критично важливою для забезпечення радіаційної стійкості та функціональної стабільності гібридних матеріалів. Встановлено, що рівномірність розподілу наповнювача та якість міжфазової взаємодії визначають ключові фізико-механічні характеристики композиту. Серед методів інтеграції наповнювачів найбільш перспективними виявилися ультразвукове диспергування та екструзія в розплаві, які забезпечують високий ступінь дисперсності та технологічну адаптивність. Оптимізація вибору методики введення має враховувати тип полімерної матриці, розмір і природу частинок, а також вимоги до кінцевих властивостей матеріалу.

Перелік використаних джерел

1. Tanahashi, M. (2010). Development of Fabrication Methods of Filler/Polymer Nanocomposites: With Focus on Simple Melt-Compounding-Based Approach without Surface Modification of Nanofillers. *Materials*, 3(3), 1593-1619. <https://doi.org/10.3390/ma3031593>

УДК 628.1:544.46

Линник Д. О. бакалавр групи ЕКО-21-1
Науковий керівник – Коцюбинський А. О.

к. ф. -м. н., доцент кафедри
технологій захисту навколишнього середовища та безпеки праці,
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

МАГНІТНЕ ВУГІЛЛЯ ЯК ЗАСІБ ОЧИЩЕННЯ ЗАБРУДНЕНИХ ВОД

Загострення проблеми забруднення водних ресурсів зумовлює потребу пошуку іноваційних методів очистки води. Актуальним напрямком досліджень є використання відходів рослинництва у якості біодсорбентів.

Біомаса відходів рослинництва є вихідним матеріалом для синтезу адсорбентів вугілля шляхом карбонізації. Карбонізація є одним з найефективніших методів модифікації біовідходів. Даний метод передбачає створення біовугілля, яке може конкурувати з активованим вугіллям. У свою чергу, активоване вугілля широко використовується не тільки для видалення забруднюючих речовин із потоків стічних вод, але й для адсорбції забруднюючих речовин із джерел питної води, наприклад, підземних вод,

річок, озер і водосховищ [8]. Біовугілля - це твердий продукт з високим вмістом вуглецю, адсорбційні властивості якого ідеальні для знезараження стічних вод. Завдяки високому відношенню питомої поверхні до об'єму його можна використовувати для багатьох екологічних завдань. Вуглецева структура біовугілля визначається розміром, ключовими компонентами лігноцелюлозної сировини та розкладанням при високих температурах [3].

Біовугілля сприяє покращенню процесів флокуляції, зневоднення, адсорбції та окиснення під час очищення міських стічних вод, що позитивно впливає на управління осадам, зменшення запахів та відновлення поживних елементів [7]. Біовугілля може використовуватися для адсорбції важких металів, барвників, органічних забруднювачів, лікарських препаратів.

Біовугілля, отримане з шкірки кавуна, успішно використовувався для дефторування ґрунтових вод і промислових стоків [8]. Ще у одному дослідженні використано біовугілля, виготовлене з аграрних відходів — зокрема пшеничної соломи, рисового лушпиння, залишків хімічно оброблених рослин, пагонів ріпаку та деревини цукрової камеди — для очищення міських стічних вод від кадмію, міді, заліза, фенолу та інших забруднювачів. Біовугілля має високу сорбційну здатність і є ефективним у видаленні кількох металів із побутових стічних вод [5].

Біовугілля наділене характеристиками магнітного матеріалу, що може ефективно вирішити проблеми складного відновлення та легкої втрати адсорбенту під час очищення води. Магнітне біовугілля зазвичай отримують шляхом поєднання біовугілля з магнітним матеріалом [6]. Порівняно зі звичайним біовугіллем, магнітне біовугілля є більш ефективним у видаленні забруднювачів води, включаючи Cd(II), Pb(II), Zn(II), Cu(II), метиленовий синій, тетрациклін, пестициди та фосфати [5].

Магнітні феритові наночастинки часто використовуються у якості магнітного матеріалу для виготовлення магнітного біовугілля та демонструють високу активність у видаленні різних типів забруднювачів навколишнього середовища: металів та неметалів (Hg, Pb, Cr, Cu, U, Ni, As тощо), барвників (конголезький червоний, метиленовий синій, метиловий фіолетовий тощо), фармацевтичних препаратів та інших забруднювачів. Оскільки процеси очищення проводяться у водному середовищі, додатковою перевагою магнітних феритових наночастинок, зокрема магнетиту Fe_3O_4 , є магнітні властивості, що дозволяють екстрагувати його з розчину та розділяти магнітом після адсорбції. [7].

Отже, магнітне біовугілля є економічно рентабельною альтернативою очистки стічних вод від різних типів забруднювачів. Доступність сировини, ефективність очистки та легкість вилучення відпрацьованого матеріалу з розчину роблять магнітне біовугілля конкурентоспроможним біoadсорбентом.

Перелік використаних джерел

1. Gupta, M., Savla, N., Pandit, C., Pandit, S., Gupta, P. K., Pant, M., ... & Thakur, V. K. (2022). Use of biomass-derived biochar in wastewater treatment and power production: A promising solution for a sustainable environment. *Science of*

The Total Environment, 825, 153892.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.153892>

2. Kwak, J. H., Islam, M. S., Wang, S., Messele, S. A., Naeth, M. A., El-Din, M. G., & Chang, S. X. (2019). Biochar properties and lead (II) adsorption capacity depend on feedstock type, pyrolysis temperature, and steam activation. *Chemosphere*, 231, 393-404. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.05.128>

3. Xiang, W., Zhang, X., Chen, J., Zou, W., He, F., Hu, X., ... & Gao, B. (2020). Biochar technology in wastewater treatment: A critical review. *Chemosphere*, 252, 126539. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.126539>

4. He, M., Xu, Z., Hou, D., Gao, B., Cao, X., Ok, Y. S., ... & Tsang, D. C. (2022). Waste-derived biochar for water pollution control and sustainable development. *Nature Reviews Earth & Environment*, 3(7), 444-460. <https://doi.org/10.1038/s43017-022-00306-8>

5. Li, X., Wang, C., Zhang, J., Liu, J., Liu, B., & Chen, G. (2020). Preparation and application of magnetic biochar in water treatment: A critical review. *Science of the total environment*, 711, 134847. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134847>

6. Zhao, Q., Xu, T., Song, X., Nie, S., Choi, S. E., & Si, C. (2021). Preparation and application in water treatment of magnetic biochar. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 9, 769667. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2021.769667>

7. Tatarchuk, T., Soltys, L., & Macyk, W. (2023). Magnetic adsorbents for removal of pharmaceuticals: A review of adsorption properties. *Journal of molecular liquids*, 384, 122174. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2023.122174>

8. Crini, G., Lichtfouse, E., Wilson, L.D. et al. Conventional and non-conventional adsorbents for wastewater treatment. *Environ Chem Lett* 17, 195–213 (2019). <https://doi.org/10.1007/s10311-018-0786-8>

УДК 631.147:66.081

Линник Д. О. бакалавр групи ЕКО-21-1
Науковий керівник – Орфанова М.М. к.н.т.,
оцент кафедри екології,
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ РОСЛИННИЦТВА У ЯКОСТІ БІОАДСОРБЕНТІВ

Проблема глобального забруднення водних ресурсів актуалізує потребу пошуку та впровадження ефективних технологій очищення стічних вод. На сьогодні адсорбція є одним з найефективніших та економічно рентабельних методів очистки, що базується на властивості певних речовин адсорбувати на своїй поверхні забруднюючі речовини.