

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.

Ключовими недоліками адсорбційного методу очистки води є висока вартість та проблема утилізації відпрацьованих сорбентів. Вартість впровадження адсорбційного методу очистки скидів на пряму залежить від вартості матеріалу, який використовується у якості адсорбенту. Інноваційним та екологічно орієнтованим підходом є застосування рослинних відходів для очищення стічних вод. Для очищення водних розчинів від забруднювальних речовин, зокрема важких металів, застосовують різні частини рослин, такі як стебла, листя, лушпиння, оболонки, коріння, кора та інші [1]. Біoadсорбенти, отримані з сільськогосподарських відходів як у природному, так і в хімічно або фізично модифікованому вигляді, ефективно застосовуються для вилучення важких металів, органічних забруднювачів (зокрема пестицидів, фармацевтичних сполук та штучних підсолоджувачів), а також барвників. [3].

Серед агропромислових відходів для виготовлення біoadсорбентів найчастіше використовуються лушпиння соняшника, гречки та подібні органічні залишки [2]. Актуальним напрямком для України, як країни, де лідером по валовому збору є зернові є виготовлення біoadсорбентів із соломи. Солома, зокрема пшенична, характеризується досить високим показником адсорбційної здатності, що стосується важких металів. Пшенична солома найліпше адсорбує такі елементи як: Cr (VI) та Ni (II). Солома зернових також використовується для адсорбції барвників, пестицидів та нітратів.

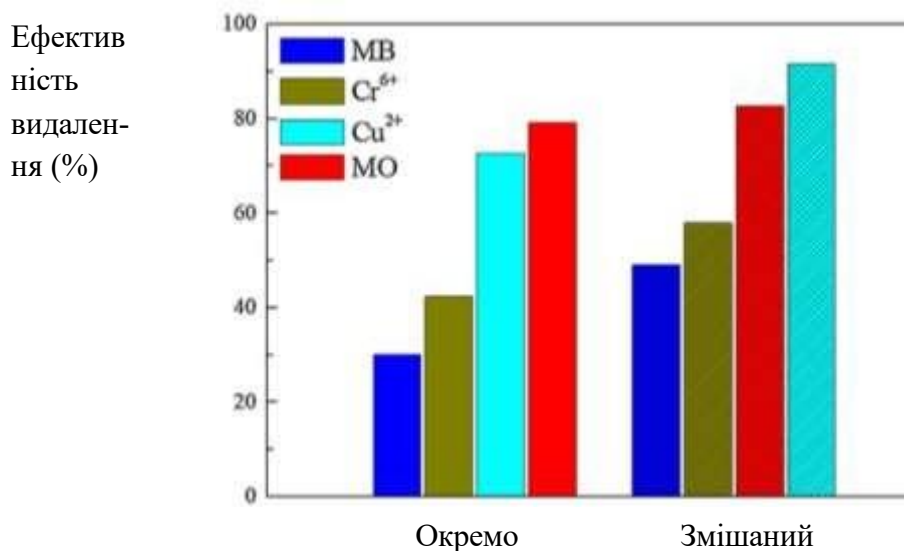


Рисунок 1. – Ефективність спільної адсорбції для MO, Cu²⁺ Cr⁶⁺ і MB у змішаному розчині [5].

На рисунку відображено адсорбційні властивості відходів соломи оброблених лимонною кислотою та акриламідом у водних розчинах, змішаних з двома барвниками та двома іонами важких металів були досліджені та підтверджені, як показано на Рис. 1. Даний адсорбент має відмінні характеристики адсорбції змішаних забруднювачів зі змішаних стічних вод. Ефективність адсорбції для метилу голубого (MB), метилу

оранжевого (МО), Cr^{6+} і Cu^{2+} збільшилася на 63%, 16%, 37% і 14% порівняно з такою в окремій системі, відповідно [5].

Для підвищення ефективності адсорбції зеленими біoadсорбентами додатково проводять їх модифікацію, попередню хімічну або фізичну обробку, що підвищує адсорбційну здатність відходів рослинництва (підкислення, підлужнення, етерифікація, карбонізація, обробка ЕМВ, механоактивація). Здатність пшеничної соломи адсорбувати Cd (II) після модифікації (обробки сечовиною та мікрохвильовим випромінюванням) збільшується у 2,6 рази [4].

Отже, використання зелених біoadсорбентів є альтернативним напрямком очистки стічних вод. Використання відходів рослинництва для виробництва адсорбентів значно здешевлює процес адсорбції та утилізацію адсорбентів. Проте, цей напрямок потребує подальших досліджень.

Перелік використаних джерел

1. Malik, D. S., Jain, C. K., & Yadav, A. K. (2017). Removal of heavy metals from emerging cellulosic low-cost adsorbents: a review. *Applied water science*, 7, 2113-2136. <https://link.springer.com/article/10.1007/s13201-016-0401-8>
2. Перспективи використання відходів рослинної харчової переробки для очищення стічних вод / П. Зіараті, М. Мохтарзаде, В.В. Вамболь [та ін.] // Подолання екологічних ризиків та загроз для довкілля в умовах надзвичайних ситуацій – 2022 : зб. матеріалів І-ї Міжнар. наук.-практ. конф., 26–27 трав. 2022 р., Полтава – Львів. – Полтава : Національний університет імені Юрія Кондратюка, 2022. – С. 261–264. <https://reposit.nupp.edu.ua/handle/PoltNTU/12686>
3. Karić, N., Maia, A. S., Teodorović, A., Atanasova, N., Langergraber, G., Crini, G., ... & Đolić, M. (2022). Bio-waste valorisation: Agricultural wastes as biosorbents for removal of (in) organic pollutants in wastewater treatment. *Chemical Engineering Journal Advances*, 9, 100239. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S266682112100154X>
4. Malik, D. S., Jain, C. K., & Yadav, A. K. (2017). Removal of heavy metals from emerging cellulosic low-cost adsorbents: a review. *Applied water science*, 7, 2113-2136. <https://link.springer.com/article/10.1007/s13201-016-0401-8>
5. Liu, Q., Li, Y., Chen, H., Lu, J., Yu, G., Möslang, M., & Zhou, Y. (2020). Superior adsorption capacity of functionalised straw adsorbent for dyes and heavy-metal ions. *Journal of Hazardous Materials*, 382, 121040. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2019.121040>