

СОРБЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ З РОСЛИННИХ ВІДХОДІВ

Жукова Д. С.¹, Юхимчук А.Г.¹, Прибора Н. А.¹, Мельник І.В.²

¹Український державний університет імені Михайла Драгоманова, Київ, Україна

²Інститут хімії поверхні імені О.О. Чуйка НАН України, Київ, Україна

darazukova1699@gmail.com

Останніми роками спостерігається стійка тенденція до споживання рослинних продуктів. Це призводить до збільшення кількості складних відходів, які представляють собою тирсу, фруктові та овочеві залишки (наприклад, лузга насіння, шкаралупи чи жмих). Потрапляючи на сміттєзвалища відходи розкладаються в анаеробних процесах, посилюючи забруднення навколишнього середовища, створюючи додаткове джерело метану в атмосфері. Тому особливої актуальності набувають дослідження, спрямовані на винайдення шляхів переробки таких відходів та створення на основі них корисних продуктів. Один з напрямків – одержання адсорбентів для вилучення з об'єктів довкілля забруднювальних речовин, зокрема важких металів з води та стічних вод [3].

Різні групи вчених проводять дослідження з винайдення найбільш ефективних процесів сорбції на матеріалах, одержаних із відходів рослинної сировини. Так, наприклад, Чанд і Пакаде оптимізували процес сорбції щодо значень рН, кількості сорбенту і тривалості процесу: найкращі параметри для сорбції йонів Pb^{2+} за рН = 4, дозі сорбенту – 0,8 г і тривалості процесу 80 хв. Враховуючи аналіз минулих досліджень, вчені дійшли висновку що, приміром, немодифіковані яблучні жмихи були малоефективними сорбентами, порівняно з модифікованими [5]. До прикладу, модифікований яблучний жмих з наночастинками гідроксоапатиту по відношенню до йонів Pb^{2+} з концентрацією 100 мг/л виявив найбільш ефективну сорбцію у кількості зразка в 0,02 г із максимальною сорбційною ємністю 303 мг/л [2]. При використанні яблучного жмиху, модифікованого метилакрилатом, незважаючи на відносно низьку концентрацію йонів металічного елементу (50 мг/л) і високу масу сорбенту (0,2 г) порівняно з методикою з наночастинками гідроксоапатиту отримані результати виявилися не кращими за раніше описаних (табл.1). Яблучний жмих, модифікований ксантогеном, в нерухомому стані дав кращі результати, ніж немодифікований жмих, але гірші ніж під час сорбції з наночастинками гідроксиапатиту [4].

Таблиця 1

Характеристики сорбентів на основі яблучних вичавок

Сорбент	Параметри сорбції	Максимальна сорбційна ємність, мг/г
Яблучний жмих	$C = 10$ мг/л	0,12
Гідроксоапатитні наночастинки просочені яблучним жмихом	$pH = 5$ $C = 100$ мг/л	303
Яблучний жмих, модифікований метилакрилатом	$C = 50$ мг/л	106
Яблучний жмих, модифікований ксантагеном	$C = 30$ мг/л	160

Всі вуглецеві матеріали містять лігнін, целюлозу і, відповідно, їх сорбційні властивості зумовлені кількістю цих речовин після піролізу. Відомо, що механізм сорбції катіонів пов'язаний, передусім, з карбоксильними групами на поверхні одержаного біовугілля. Створення ж композитів зумовлює появу нових центрів для адсорбції катіонів, зокрема Плюмбуму, а отже і вищі сорбційні характеристики.

Потреба в розширенні сировинної бази для отримання вуглецевих наноструктурованих матеріалів і, передусім, активованого вугілля, зумовлює необхідність пошуку нових джерел рослинної сировини. Тому, актуальним є вивчення сорбційної

здатності активованого вугілля, отриманого з різних рослинних попередників – деревини яблуні, деревини берези, соснових шишок, тирси та целолігніну. Рослинна тканина, що має унікальну морфологічну структуру, може після відповідної обробки слугувати в подальшому матеріалом для різних застосувань, серед яких слід відзначити водопідготовку та очищення стічних вод.

Необхідність отримання біовуглецю з різними структурними характеристиками для застосування, наприклад, в медицині або енергоакумуляючих пристроях, спонукає використовувати як вихідну таку, на перший погляд незвичну, сировину як, наприклад, шкаралупа різних горіхів або рисове лушпиння [1]. Використання для отримання активованого вугілля інших, відмінних від традиційної деревини, рослинних матеріалів має дві мети. По-перше, це отримання вугілля зі специфічними, необхідними конкретним властивостями і структурою. По-друге, це підвищення цінності різних відходів сільськогосподарства, а також лісової та деревообробної промисловості шляхом перетворення їх на різні сорбенти. Всі ці напрямки нині успішно розвиваються.

Так, для отримання вугілля-сировини шматки вихідного матеріалу піддавали повільному піролізу на стенді періодичної дії. Час нагріву до температури 700°C і наступної витримки становив 8 год. Потім вміст реактора охолоджували в атмосфері газів піролізу і визначали вихід вугілля-сировини, який для деревини яблуні, деревини берези, соснових шишок становив 26, 25 і 33 % відповідно. Подальшу активацію наважки вугілля масою 0,3 г проводили в трубчастому реакторі, що обертається, в який подавали водяну пару за температури із зовнішнього боку трубчастого реактора 970°C. Час активації змінювався від 15 до 40 хв для того, щоб досягти для всіх зразків однакового виходу активованого вугілля [2, 7]. По закінченню активації подачу пари припиняли. Після повного охолодження реактора активоване вугілля зважували і визначали втрату маси при активації (ступінь обгару). Процес активації повторювали для отримання необхідної кількості активованого вугілля. Опис конструкції стенду для піролізу та установки для активації вугілля-сировини наведено в роботі [6].

Беручи до уваги результати, отримані дослідниками, можна зробити висновок що рослинна сировина може бути перспективним сорбційним матеріалом, зокрема для видалення йонів металічних елементів зі стічних вод. Крім того, хімічні модифікації можуть значно збільшити сорбційну ємність біосорбентів. У цьому плані така модифікація є перспективним способом одержання зразків для видалення йонів важких металів.

1. Amerkhanova Sh., Uali A., Zhaslan R. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2015, no. 1, pp. 205–209.
2. Burakov A.E., Galunin E.V., Burakova I.V., Kucheriva A.E., Agarwal S., Tkachev A.G., Gupta V. Adsorption of heavy metals on conventional and nanostructured materials for wastewater treatment purpose: A review// *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 2018. Vol.148. Pp.702–712.
3. Chand, P.; Pakade, Y.B. Synthesis and characterization of hydroxyapatite nanoparticles impregnated on apple pomace to enhanced adsorption of Pb(II), Cd(II), and Ni(II) ions from aqueous solution. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 2015, 22, 10919–10929.
4. Gryko, K.; Kalinowska, M.; Swiderski, G. The Use of Apple Pomace in Removing Heavy Metals from Water and Sewage. *Environ. Sci. Proc.* 2021, 9, 24.
5. Laura Guardia, Loreto Suarez, m Nausika Querejeta, Roberto Rodriguez Madrera. Apple Waste: A Sustainable Source of Carbon Materials and Valuable Compounds. Instituto Nacional del Carbon (INCAR-CSIC). Francisco Pintado Fe 26, 33011 Oviedo, Spain
6. Yahya M.A., Al-Qodah Z., Zanariah Ngah C.W. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2015, vol. 46, pp.218–235.
7. Zhao W., Luo L., Wang H., Fan M. Synthesis of Bamboo-Based Activated Carbons with Super-High Specific Surface Area for Hydrogen Storage // *BioResources*, 2017. Vol. 12.N1. Pp.1246–1262.