



Sadritdin TURABDJANOV,
Toshkent davlat texnika universiteti professori
E-mail: Tur_sad_@mail.ru

Latofat RAXIMOVA,
Toshkent davlat texnika universiteti professori
E-mail: latofat.2011@mail.ru

Axatilla ARIPOV,
Toshkent davlat texnika universiteti doktoranti
E-mail: axatillaaripov94@gmail.com

Orifjon QODIROV,
O'zbekiston Milliy universiteti dotsenti
E-mail: orifjon.678@mail.ru

Marat MUXAMEDJANOV,
Toshkent davlat texnika universiteti dotsenti, k.f.n
E-mail: muxamedjanovmarat_@mail.ru

ToshDTU dotsenti, k.f.n. M. Muxamedjanov taqrizi asosida

INVESTIGATION OF BIOCHAR RECOVERY PROPERTIES DURING PYROLYSIS PROCESS AND USE OF LOW-COST ADSORBENT

Annotatsiya

In this research, mangrove tree leaves and spruce cone waste residues appear from the green spaces along the road of Sagbon small village intersection, one of the busy streets in Olmozor district, Tashkent city. The collected leaves and juniper are washed with technical water to clean the upper part of the waste from harmful substances. It is also dried in the open sun for 1 day. turns into biochar in our furnace. After conversion to biochar, a simultaneous activation process with hot steam at 10 atmosphere pressure resulted in macroporous biochar. In the process of pyrolysis, mixed gases are collected drop by drop through a water cooler in the condensate method, and the obtained data are being studied. Some properties such as carbon (C), ash content (%) specific surface area and porosity, adsorption capacity were studied according to Brauner-Teller-Emmit equation. Biochar made from manju tree leaves has low carbon content and high ash content. We tested the obtained biochar in laboratory conditions.

Key words: biochar, adsorption, sorption capacity, pyrolysis, biochar technology, biomass sources.

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ИЗВЛЕЧЕНИЯ БИОУГЛЯ В ПРОЦЕССЕ ПИРОЛИЗА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДЕШЕВОГО АДСОРБЕНТА

Аннотация

В этом исследовании листья мангровых деревьев и остатки еловых шишек появляются из зеленых насаждений вдоль дороги на перекрестке небольшого поселка Сагбон, одной из оживленных улиц Олмозорского района города Ташкента. Собранные листья и можжевельник промывают технической водой для очистки верхней части отходов от вредных веществ, а также сушат на открытом солнце в течение 1 суток. В нашей печи превращается в биоуголь. После преобразования в биоуголь одновременный процесс активации горячим паром при давлении 10 атмосфер привел к образованию макропористого биоугля. В процессе пиролиза смесь газов собирают по каплям через водяной охладитель конденсатным методом и изучают полученные данные. Некоторые свойства, такие как углерод (C), зольность (%), удельная поверхность и пористость, адсорбционная способность, изучались по уравнению Браунера-Теллера-Эммита. Биоуголь, изготовленный из листьев дерева манжу, имеет низкое содержание углерода и высокую зольность. Полученный биоуголь мы протестировали в лабораторных условиях.

Ключевые слова: биоуголь, адсорбция, сорбционная емкость, пиролиз, технология биоугля, источники биомассы.

PIROLIZ JARAYONI VAQTIDA BIOKO'MIR OLI SH XUSUSIYATLARINI TEKSHIRISH VA ARZON XARAJATDAGI ADSORBENT OLIB QO'LLASH

Annotatsiya

Ushbu tadqiqotda Toshkent shahri, Olmozor tumanidagi gavjum ko'chalardan biri Sag'bon kichik xalqa chorrahasi yo'li bo'ylab yashil maydonlardan ma'lum vaqt oralig'ida manjur darxt barglari va archa konus chiqindi qoldiqlari paydo bo'ladi. Yig'ib olingan barg va archa chiqindilarni yuqori qismini bekorchi moddalardan tozalab olish uchun texnik suv bilan yuviladi. Shuningdek 1 kun davomida ochiq quyoshda qurutiladi. Qurugandan so'ng peroliz pechimizga solib uni 270 daqiqada 350 xarortadan 450 ° C xaroratgacha bo'lgan haroratda biomassaning piroliz pechimiz ichida bioko'mirga aylanadi. Bioko'mirga aylanganidan so'ng 10 atmosfera bosimida issiq bug' bilan bir vaqtning o'zida faollashuv jarayoni makro g'ovakli bioko'mirga olib keldi. Piroliz jarayonida aralash gazlar kondensat usulida suvli sovutgich orqali tomchilab yig'ilgan va olingan ma'lumotlar o'rganilmoqda. Uglerod (C), kul miqdori (%) o'ziga xos sirt maydoni va g'ovakligi, adsorbsiya qobiliyati kabi ba'zi xususiyatlar Brauner-Teller-Emmit tenglamasi bo'yicha o'rganildi. Manjur daraxt barglaridan tayyorlangan bioko'mir past uglerodli tarkibga va yuqori kulga ega. Olingan bioko'mirni laboratoriya sharoitida sinovdan o'tkazdik.

Kalit so'zlar: bioko'mir, adsorbsiya, sorbsiya qobiliyati, piroliz, bioko'mir texnologiyasi, biomassa manbalari.

Kirish: Biokar biomassadan piroliz deb ataladigan jarayon orqali ishlab chiqariladi. Bioko'mir o'zining g'ovakli tuzilishi va yuqori sirt maydoni tufayli suvdan ifloslantiruvchi moddalarni adsorbsiyalash qobiliyatiga ega bo'lib, uni suvni tozalash uchun istiqbolli materialga aylantiradi. Bioko'mir oqava suvlardan turli xil ifloslantiruvchi moddalarni, jumladan og'ir metallar, organik birikmalar va ozuqa moddalarini adsorbsiyalash qobiliyatiga ega. Bu xususiyat uni suv tozalash dasturlari uchun mos qiladi.

Mavzuga oid adabiyotlar tahlili. Aslida, bioko'mir qishloq xo'jaligi va sanoat chiqindilari, masalan, piroliz yo'li bilan ekin somoni, axlat, suvsizlangan loy va cho'kindilardan yasalgan bo'lsa-da, u "chiqindilarni chiqindilar bilan qayta ishlash" tushunchasini aks ettiruvchi atrof-muhitni tozalashda muhim rol o'ynaydi [1].



1-rasm. Bioko'mir texnologiyasi va uning qo'llanilishi [2].

Bioko'mir ko'pincha tuproq unumdorligi va tuzilishini yaxshilash uchun tuproq qo'shimchasi sifatida ishlatiladi [3], chunki tuproqqa bioko'mir qo'shilsa, u tuproqning tabiiy C ni ushlab turish qobiliyatidan oshib ketadigan qo'shimcha C ni ta'minlaydi [4]. Natijada bioko'mir iqlim o'zgarishi, atrof-muhitning ifloslanishi va tuproq degradatsiyasi kabi ba'zi global muammolarning yechimi sifatida tobora muhim ahamiyat kasb etmoqda [5]. Adabiyotlarni o'rganishdan ko'rinib turibdiki, bioko'mirni qishloq xo'jaligida qo'llash bo'yicha olib borilayotgan tadqiqot ishlari tobora ko'payib bormoqda. Chiqindilarni tozalash jarayonlarida bioko'mirni qo'llash bilan bog'liq bir nechta tadqiqotlar o'tkazildi. Bioko'mir sanoat oqava suvlaridan [6], tetratsiklin kabi antibiotiklardan [7] va og'ir metallardan [8] bo'yoq moddalarini samarali ravishda olib tashlaydi. Bioko'mir ishlab chiqarish uchun ishlatiladigan ko'plab bio-chiqindilarga meva chiqindilari [9], hindiston yong'og'i qobig'i [10], sitrus meva chiqindilari [11], qobig'i va boshqa taninga boy materiallar kiradi [13], talaş va boshqa yog'och turidagi materiallar [14], guruch qobig'i, neft chiqindilari, o'g'it chiqindilari uchuvchi kul, shakar sanoati chiqindilari, xitoxan va dengiz mahsulotlarini qayta ishlash chiqindilari, dengiz o'tlari va suv o'tlari, torf moxlari, gillar, qizil loy, seoliflar, cho'kindi va tuproq, rudali minerallar va boshqalar [16]. Yaponiyalik tadqiqotchilar tomonidan olib borilgan tadqiqot shuni ko'rsatdiki, kuzgi barg axlatini bioko'mirga aylantirish va uni sabzavot maydonlariga qo'shish kuchli issiqxona gazi azot oksidi (N_2O) [17] emissiyasini kamaytirishi mumkin. Ushbu tadqiqotda manjur daraxt barglari piroliz usulida bioko'mir olish manbai bo'ldi.

Tadqiqot metodologiyasi. Chiqindilarni biomassa shahar ichidagi uch tarmoqli magistral bo'ylab daraxtlardan yig'ib olindi. Manjur daraxt barglari va archa o'yinchoqlari chiqindilarining umumiy miqdori mos ravishda 240 kg va 150 kg ni tashkil etdi. Keyin ular 2 kun davomida quyosh nuri ostida ochiq havoda quritilgan. 3-5 mm o'lchamda maydalangan. Reaktorni issiqlik bilan ta'minlash uchun elektr kabellari (TEN) bilan o'ralgan quruq va kichik zarracha o'lchamdagi biomassa. Bioko'mir chinor barglarini 350-450°S haroratda piroliz qilish yo'li bilan olingan.



Fig. 1. Raw material preparation for pyrolysis.

Bioko'mirning sirt morfologiyasi va elementar tarkibi Zeiss Evo 50 SEM analizatori va QuanTax 200 EDX tizimi yordamida SEM va EDX tahlillari yordamida aniqlandi. Brauner-Teller-Emmit (BET) tenglamasi bo'yicha hisoblangan o'ziga xos sirt maydoni va bioko'mirning adsorbsion xususiyatlari o'rganilgan batafsil.



2-rasm. Manjur daraxt barglari (chapda) va archa qoldiqlari (o'ngda) asosidagi adsorbent metilen ko'k eritmasining sorbsiyasi (chapda) statik holatda (o'ngda) va filtrlash jarayonida tekshirildi.

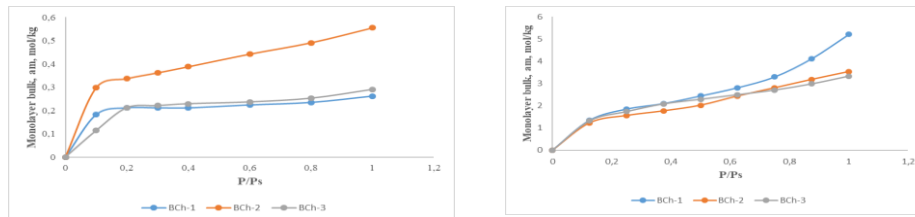
250 ml konussimon kolbaga 80 mg/l suvdagi 10 mg/l metilen ko'k eritmasi olindi va unga 100 mg/l bioko'mir qo'shildi. Aralash ikki kun davomida statik holatda qoldiriladi, 48 soatdan keyin faollashtirilgan bioko'mir yordamida metilen ko'k rangsizlantirib olindi. Faollashgan uglerodni ajratish uchun filtr qog'oz yordamida filtrlangan va filtrtdagi metilen ko'kning oxirgi konsentratsiyasi aniqlangan.

Tahlil va natijalar. Bioko'mir sirt maydoni tahlil qilindi va natijalar 1-jadvalda ko'rsatilgan. Buning sababi, piroliz haroratining oshishi organik birikmalarning ko'proq uchuvchanligiga olib keladi [44]. 1-jadval.

Benzil va suv bug'larini bosim bilan adsorbsiyalash yo'li bilan bioko'mirning BET tahlili

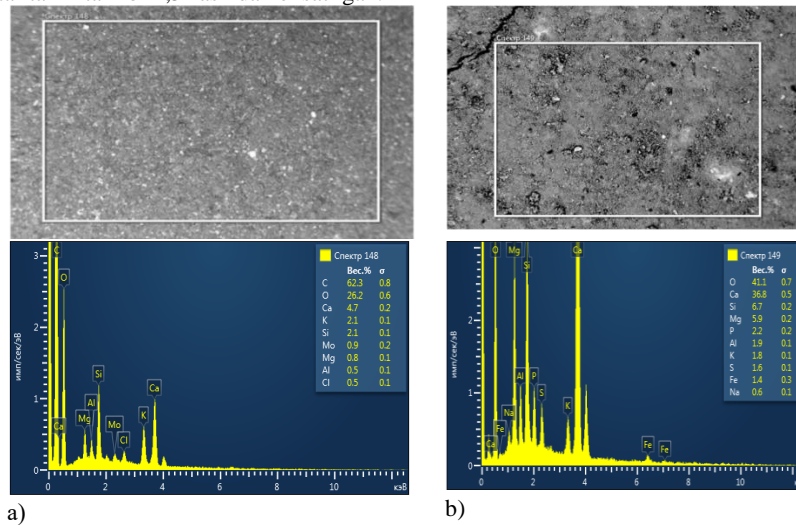
Adsorbent turi	Bir qatlamli massa, a_m , mol/kg		Sirt maydoni, m^2/g		G'ovak hajmi, W_0 , cm^3/g		G'ovak diametri, nm	
	Benzil	suv	Benzil	suv	Benzil	suv	Benzil	suv
BCh-1	0,139	1,105	33,46	71,82	0,02	0,04	1,39	1,77
BCh-2	0,244	1,264	58,87	82,20	0,04	0,04	1,67	1,46
BCh-3	0,144	1,303	34,70	84,70	0,02	0,06	1,49	2,22

Manjur daraxt barglariga asoslangan bioko'mir (BCh-1) eng past teshik o'lchamiga ega 1,39 nm va 33 m^2/g sirt maydonini ko'rsatdi. BCh-3 ga o'tadigan bo'lsak, archa qoldiqlari asosidagi eng yuqori teshik hajmi 2,22 nm va eng katta 85 m^2/g sirt maydonini ko'rsatdi. Bunday kichik o'lchamlar tufayli mikro-g'ovaklardagi adsorbsiya o'ziga xos xususiyatlarga ega. Adsorbsiya jarayoni g'ovaklarning yuzasida emas, balki ularning butun bioko'mir hajmida sodir bo'ladi.

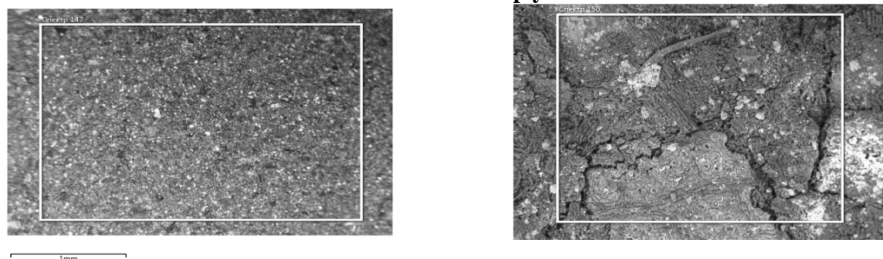


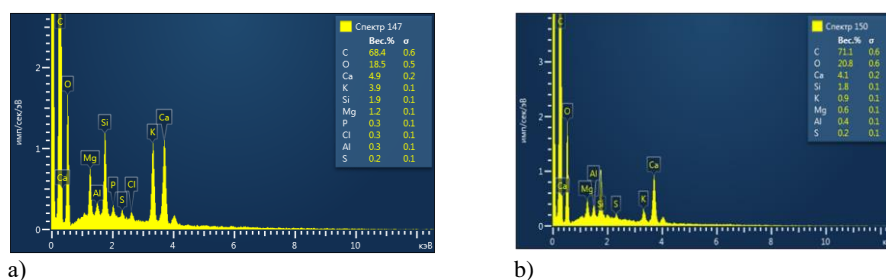
3-rasm. Benzil (chapda) va suv bug'ining (o'ngda) adsorbsiya izotermasi monoqatlam massasiga (a_m , mol/kg) bosimga (P/Po) bog'liq.

G'ovak devorlari yaqin joylashganligi sababli, adsorbent kuchlar maydonlarining bir-birining ustiga chiqishi tufayli adsorbat va adsorbent o'rtasidagi o'zaro ta'sir energiyasi keskin ortadi. Bu izotermaga ta'sir qiladi: past nisbiy bosimlarda adsorbsiya qiymatining keskin oshishi kuzatiladi (3-rasm), keyin esa u amalda o'zgarmaydi. Adabiyot ma'lumotlariga asoslanib, suv bug'idan foydalangan holda faollashtirish usuli tanlangan. Bioko'mirning bug' bilan faollashishi sirt maydonini deyarli ikki baravar oshiradi va funksional guruhlarning yo'q qilinishi tufayli qutblanishni kamaytiradi. Olingan SEM tasvirlari va faollashtirishdan oldin va keyin elementar tahlil tarkibi 4,5-rasmda ko'rsatilgan.



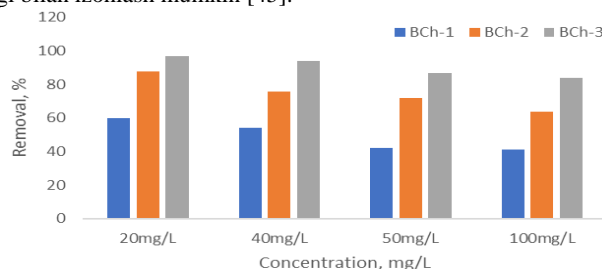
4-rasm. Asosiy maydoni 500 μm va 250 μm ga oshgan chinor barglaridan olingan bioko'mir (a) va kul (b) ning elektron mikroskopiya tasviri.





5-rasm. Asosiy maydonni 1 mm va 250 mkm kattalashtirish bilan archa qoldiqlari asosida hosil bo'lgan bioko'mirni (a) va (b) faollashtirishdan oldin elektron tasvirlar

Bioko'mirning SEM tasvirlari suv bug'lari bilan faollashuv jarayoni asl zarrachalarning sirt morfologiyasida sezilarli o'zgarishlarga olib kelishini ko'rsatdi; hosil bo'lgan bioko'mir asosan makroskopik shaklini saqlab qoldi. Kulning tarkibi (4-b-rasm) asosan kislorod (41,15%), kaltsiy (36,8%), magniy (5,9%), shuningdek, kremniy (6,7%), alyuminiy (1,9%), temir (1,4%), fosfor (2,2%) va kaliy (1,8%). Kuldagi Mg va Ca ning miqdori bioko'mirning ushbu elementlar bilan boyitilganligi bilan bog'liq. Kulda aniqlangan asosiy minerallar atrof-muhitga ozgina e'tibor bermasdan, suvni yuvish yo'li bilan qayta ishlanishi mumkin. 5-rasmdagi (a) rasm (b) dan sirtida ko'rinadigan teshiklar yoki oq dog'lar yo'qligi bilan farq qiladi. Rasmlardagi (b) faollashtirilgandan so'ng tuzilmalar sirtida oq nuqtalar tarqalganligini va gozeneklar mavjudligini ko'rsatdi. Yuqorida o'rganilgan bioko'mirning g'ovakligi va adsorbsion xususiyatlaridan kelib chiqqan holda, bizning keyingi urinishimiz uni bo'yoqlarni qayta ishlash jarayonida qo'llash edi. Shuning uchun biz bo'yoq sifatida metilen ko'k (MB) dan foydalandik. MB eritmasining konsentratsiyasi 20, 50, 100 mg/L va barcha bioko'mir namunalari uchun qo'llaniladigan eritmalar edi. Turli konsentratsiyalarda bo'yoqlarni olib tashlash 6-rasmda ko'rsatilgan. Birinchidan, kationik bo'yoq MV barcha ishlab chiqilgan adsorbentlarga nisbatan yaxshiroq yaqinlikka ega ekanligi seziladi. Buni faollashtirilgan bioko'mir yuzasida funktsional karboksilik (-COOH) yoki fenolik (-OH) guruhlar mavjudligi bilan izohlash mumkin [45].



6-rasm. Bo'yoq eritmasi konsentratsiyasiga qarab olingan bioko'mirning metilen ko'k adsorbsiyasi

BCh-3 MB uchun eng yuqori sorbsiya qobiliyatini ko'rsatadi (20 mg/l da 96% va 100 mg/l da taxminan 80% olib tashlash), BCh-2 va BCh-3 kabi boshqa turdagi bioko'mirlar unchalik samarali emas, lekin adolatli ko'rinadi. yaxshi natijalar. Buni olingan bioko'mirning g'ovakli tuzilishi bilan izohlash mumkin. Keyingi tadqiqotlarda bioko'mirning adsorbsiyasi to'qimachilik sanoatining oqava suvlari bilan taqqoslanadi, ular MB ning yuqori konsentratsiyasi bilan ifloslanadi.

Xulosa va takliflar. Tadqiqotdan ko'rinib turibdiki, o'simliklar, daraxtlar barglari, qishloq xo'jaligi qoldiqlari va boshqa o'simlik xom ashyosi kabi bio-chiqindilardan bioko'mir ishlab chiqarish ekologik toza va arzon hisoblanadi. Piroliz texnologiyasi oddiy va samarali. Bioko'mirlar manjur daraxt barglari va archa qoldiqlarini piroliz qilish yo'li bilan hosil qilingan va yuqori haroratlarda bug' bilan faollashtirilgan. Barcha ishlab chiqarilgan adsorbentlardan bioko'mir asosidagi manjur daraxt barglari eng past hosildorlikni (20%) va g'ovak hajmini ko'rsatdi. Archa qoldiqlaridan tayyorlangan bioko'mir uchun tartiblangan mezoporo struktura va yuqori sirt maydoni 85 m²/g kuzatildi.

ADABIYOTLAR

1. Wang, S. *et al.* (2021). Application of Biochar for Wastewater Treatment. In: Thapar Kapoor, R., Treichel, H., Shah, M.P. (eds) Biochar and its Application in Bioremediation. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-16-4059-9_4
2. Wei Xiang and et al. Biochar technology in wastewater treatment: A critical review, Chemosphere, Volume 252, 2020, 126539, ISSN 0045-6535, <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.126539>
3. Shubh Pravat and et al. Biochar application: A sustainable approach to improve soil health, Journal of Agriculture and Food Research, Volume 11, 2023, 100498, ISSN 2666-1543, <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100498>.
4. Li, S.; Tasnady, D. Biochar for Soil Carbon Sequestration: Current Knowledge, Mechanisms, and Future Perspectives. *C* **2023**, *9*, 67. <https://doi.org/10.3390/c9030067>
5. Ping Zhang, David O'Connor, Yinan Wang, LinJiang, TianxiangXiabLiuweiWangaDaniel C.W.TsangeYong SikOkdDeyiHoua. A green biochar/iron oxide composite for methylene blue removal. Journal of Hazardous Materials Volume 384, 15 February 2020, 121286. Author links open overlay panel. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2019.121286>
6. Hoslett, J., Ghazal, H., Katsou, E., & Jouhara, H. (2020). The removal of tetracycline from water using biochar produced from agricultural discarded material. *Science of The Total Environment*, 141755. doi:10.1016/j.scitotenv.2020.141
7. Chakhtouna, H., Benzeid, H., Zari, N., Qaiss, A. el kacem, & Bouhfid, R. (2021). Functional CoFe₂O₄-modified biochar derived from banana pseudostem as an efficient adsorbent for the removal of amoxicillin from water. *Separation and Purification Technology*, 266, 118592. doi:10.1016/j.seppur.2021.118592
8. Solangi, N. H., Kumar, J., Mazari, S. A., Ahmed, S., Fatima, N., & Mubarak, N. M. (2021). Development of fruit waste derived bio-adsorbents for wastewater treatment: A review. *Journal of Hazardous Materials*, 416, 125848. doi:10.1016/j.jhazmat.2021.125848

9. Pathak, Pranav & Mandavgane, Sachin & Kulkarni, Bhaskar. (2015). Fruit peel waste as a novel low-cost bio adsorbent. *Reviews in Chemical Engineering*. 31. 361-381. 10.1515/revce-2014-0041.
10. Talib, Norfahana & Chuo, Sing Chuong & Mohd-Setapar, Siti & Asli, Umi & Pa'ee, Khairul & Yong, Kelly. (2020). Trends in Adsorption Mechanisms of Fruit Peel Adsorbents to Remove Wastewater Pollutants (Cu (II), Cd (II) and Pb (II)). *Journal of Water and Environment Technology*. 18. 290-313. 10.2965/jwet.20-004.
11. Campos-Flores, G., Castillo-Herrera, A., Gurreonero-Fernández, J., Obeso-Obando, A., Díaz-Silva, V., & Vejarano, R. (2018). Adsorbent material based on passion-fruit wastes to remove lead (Pb), chromium (Cr) and copper (Cu) from metal-contaminated waters. doi:10.1063/1.5032041
12. Romer, Isabel et al. "Coconut Shell Charcoal Adsorption to Remove Methyl Orange in Aqueous Solutions". *Sorption - From Fundamentals to Applications [Working Title]*, edited by George Kyzas, IntechOpen, 2022. 10.5772/intechopen.102898.
13. Li, L., Liu, S., & Zhu, T. (2010). Application of activated carbon derived from scrap tires for adsorption of Rhodamine B. *Journal of Environmental Sciences*, 22(8), 1273–1280. doi:10.1016/s1001-0742(09)60250-3
14. Oleksii Tomin, Riku Vahala, Maryam R. Yazdani. Synthesis and efficiency comparison of reed straw-based biochar as a mesoporous adsorbent for ionic dyes removal, *Heliyon*, Volume 10, Issue 2, 2024, <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e24722>.