



**O‘SIMLIK BIOMASSASI IKKILAMCHI XOMASHYOLARI ASOSIDA
ADSORBENTLAR OLIISH.**

<https://doi.org/10.70728/a.series.v08.i03.012>

Payg‘amova Mahliyo Ilxomjonovna

Qo‘qon davlat universiteti o‘qituvchisi, PhD

Email: mpaygamova87@gmail.com

G‘aniyeva Nazokat Muxtorali qizi

Namangan davlat texnika universiteti doktoranti, PhD

Asqarov Jasurbek Umarali o‘g‘li

Qo‘qon davlat universiteti tayanch doktoranti

Berdiyeva parvina Inomjonovna

Xo‘jand davlat universiteti dotsenti, k.f.n

Ochilov G‘olibjon Mamayunusovich

Qo‘qon davlat universiteti professori, k.f.d.

Annotatsiya. Ushbu tadqiqot ishida qishloq xo‘jaligi va yog‘ochsozlik sanoatida hosil bo‘ladigan o‘simlik biomassa chiqindilarini (poya, novda, qobiq va boshqa lignosellyulozali materiallar) dastlab karbonizatsiya qilinib, keyinchalik termik faollantirish hamda KOH yordamida kimyoviy faollantirish usullari yordamida yuqori g‘ovaklikka ega bo‘lgan uglerodli materiallar olish texnologiyasi o‘rganildi. Termik faollantirish jarayonida yuqori harorat ta‘sirida uglerod matritsasida mikro va mezog‘ovaklar tizimi shakllanishi ta‘minlanadi, KOH bilan kimyoviy faollantirish esa uglerod strukturasi bilan faol reaksiyaga kirishib, rivojlangan g‘ovakli tuzilishga ega bo‘lgan adsorbentlarning hosil bo‘lishiga olib keladi. Olib borilgan tadqiqot natijalari mahalliy o‘simlik biomassa chiqindilari asosida yuqori sorbsion adsorbentlar olishning texnologiyasini ishlab chiqish masalalarini hal etishga amaliy yordam beradi.

Kalit so‘zlar: o‘simlik biomassa chiqindilari, karbonizatsiya, termik faollantirish, KOH bilan kimyoviy faollantirish, adsorbentlar, ekologik tozalash texnologiyalari

Аннотация. В данном исследовании изучена технология получения высокопористых углеродных материалов на основе растительных биомассовых отходов, образующихся в сельском хозяйстве и деревообрабатывающей промышленности (стебли, ветви, кора и другие лигноцеллюлозные материалы). Сырьё первоначально подвергается карбонизации, после чего применяется термическая активация, а также химическая активация с использованием KOH. В процессе термической активации под

воздействием высоких температур обеспечивается формирование системы микро- и мезопор в углеродной матрице, тогда как химическая активация с применением KOH вступает в активное взаимодействие с углеродной структурой, что приводит к образованию адсорбентов с развитой пористой структурой. Результаты проведённых исследований имеют практическое значение для разработки технологии получения высокоэффективных сорбционных адсорбентов на основе местных отходов растительной биомассы.

Ключевые слова: растительные биомассовые отходы, карбонизация, термическая активация, химическая активация с использованием KOH, адсорбенты, экологические технологии очистки.

Annotation. In this study, the technology for obtaining highly porous carbon materials based on plant biomass wastes generated in agriculture and the wood-processing industry (stems, branches, bark, and other lignocellulosic materials) was investigated. The raw material is initially subjected to carbonization, followed by thermal activation and chemical activation using KOH. During the thermal activation process, the formation of a system of micro- and mesopores in the carbon matrix is ensured under the influence of high temperatures, whereas chemical activation with KOH actively interacts with the carbon structure, leading to the formation of adsorbents with a well-developed porous structure. The results of the conducted research provide practical assistance in solving the issues related to the development of technology for producing highly efficient sorption adsorbents based on local plant biomass wastes.

Keywords: plant biomass waste, carbonization, thermal activation, chemical activation with KOH, adsorbents, environmental purification technologies.

KIRISH. Oqova suvlaridagi organik ifloslantiruvchilar - fenollar, aromatik uglevodorodlar, pestitsidlar, farmatsevtik qoldiqlar va boshqa organik molekulalar atrof-muhit hamda inson salomatligiga jiddiy tahdid solmoqda. An'anaviy biologik va mexanik usullarda oqova suvlarni tozalash ko'plab holatlarda samarali hisoblansada, so'nggi yillarda paydo bo'layotgan "emerging contaminants" (farmatsevtik preparatlar, perfluorooktansulfonat, perfluorooktanoat, shaxsiy gigiyena va kosmetik vositalar qoldiqlari hamda boshqalar) biologik yo'l bilan tez parchalab bo'lmaydigan moddalar hisoblanib, ilg'or texnologiyalarni joriy etishni taqozo etadi. Shu sababli hozirgi kunda oqova suvlarni tozalashda an'anaviy usullar bilan bir qatorda ilg'or zamonaviy texnologiyalardan ham foydalanish dolzarb masalalardan biri hisoblanadi [1-5].

Adsorbsion usullar oqova suvlarni tozalashda keng qo'llaniladigan fizik-kimyoviy usullardan biri bo'lib, uning mohiyati suyuq fazada erigan yoki tarqalgan moddalarni qattiq faza (adsorbent) yuzasiga yutilishiga asoslanadi. Adsorbsion usullar, ayniqsa, qiyin parchalanadigan organik moddalar, rang beruvchi birikmalar, og'ir metallar, neft mahsulotlari

_____ **Qo‘qon DPI. Ilmiy xabarlar 2026-yil 3-son** _____ **A seriya**
va pestitsidlar kabi ifloslantiruvchilarni samarali ravishda tozalab olishda muhim ahamiyat kasb etadi.

Faollashtirilgan ko‘mir – eng keng tarqalgan adsorbent, yuqori g‘ovaklilik va katta sirt maydoni tufayli turli organik va noorganik birikmalarni samarali tozalaydi.

Sanoat chiqindilaridan olingan adsorbentlar – masalan, qishloq xo‘jaligi chiqindilaridan tayyorlangan bioko‘mir, fizik va kimyoviy usullar yordamida goallantirib olinadigan modifikatsiyalangan materiallar.

Adsorbsion usullar oqova suvlarni tozalashning yuqori samarali fizik-kimyoviy texnologiyalaridan biri bo‘lib, ayniqsa refrakter organik moddalar va og‘ir metall ionlarini tozalashda keng qo‘llaniladi. Ularning samaradorligi asosan adsorbentning tabiati, yuzasining kattaligi, g‘ovaklik darajasi hamda suv tarkibidagi ifloslantiruvchi moddalarning kimyoviy xususiyatlariga bog‘liq. Shu bois, zamonaviy ilmiy tadqiqotlar yangi, arzon va yuqori samarali adsorbentlarni yaratishga qaratilgan [6-9].

ADABIYOTLAR TAHLILI VA METODLAR. O‘simlik biomassasi asosan uchta makromolekulyar komponentdan tashkil topgan: sellyuloza (40–50 %), gemisellyuloza (20–30 %) va lignin (10–25 %). Ushbu asosiy fraksiyalar piroliz va faollashtirish jarayonlarida turlicha termik barqarorlik va reaksiyaga kirishish xususiyatiga ega bo‘ladi. Sellyuloza va gemisellyuloza pastroq haroratda termik parchalanib, turli xil uchuvchan gazsimon birikmalar va qoldiq uglerodli strukturalar hosil qiladi; lignin esa yuqori uglerod qoldig‘iga ega material hosil qiladi va qoldiqning aromatik fragmentlar miqdorini oshiradi. Bundan tashqari, biomassaning mineral moddalar va metallar tarkibi uning piroliz xarakteristikasiga va hosil bo‘lgan bioko‘mirning sirt yuzasida hosil bo‘ladigan funksional guruhlar va adsorbsion markazlar miqdorida ta‘sir ko‘rsatadi.

O‘simlik biomassasidan adsorbent olish jarayoni bir necha asosiy bosqichdan iborat: xomashyoni tayyorlash, karbonizatsiya (piroliz), faollashtirish (fizik yoki kimyoviy), shuningdek zarur hollarda modifikatsiyalash (ishlatilishi zarur sanoat tarmog‘i extiyojidan kelib chiqib amalga oshiriladi). Har bir bosqich materialning so‘ngi xususiyatlarini aniqlaydi.

Uglerodli adsorbent olishning asosiy bosqichi karbonizatsiya hisoblanadi. Ushbu jarayon odatda inert gaz (azot, argon) muhitida yoki kislorod miqdori keskin kamaytirilgan sharoitda 300–600 °C haroratda olib boriladi. Isitish tezligi 5–20 °C/min bo‘lib, bu moddaning termik parchalanish kinetikasiga mos ravishda tanlanadi. 1–2 soat davomida ushlab turish orqali yog‘och biomassasidagi sellyuloza, gemisellyuloza va lignin strukturalari parchalanib, uglerodga boy qattiq qoldiq -uglerodli material hosil bo‘ladi. Hosil bo‘lgan materialda uglerodning massa ulushi odatda xomashyo massasining 25–35 % ini tashkil etadi [10-12].

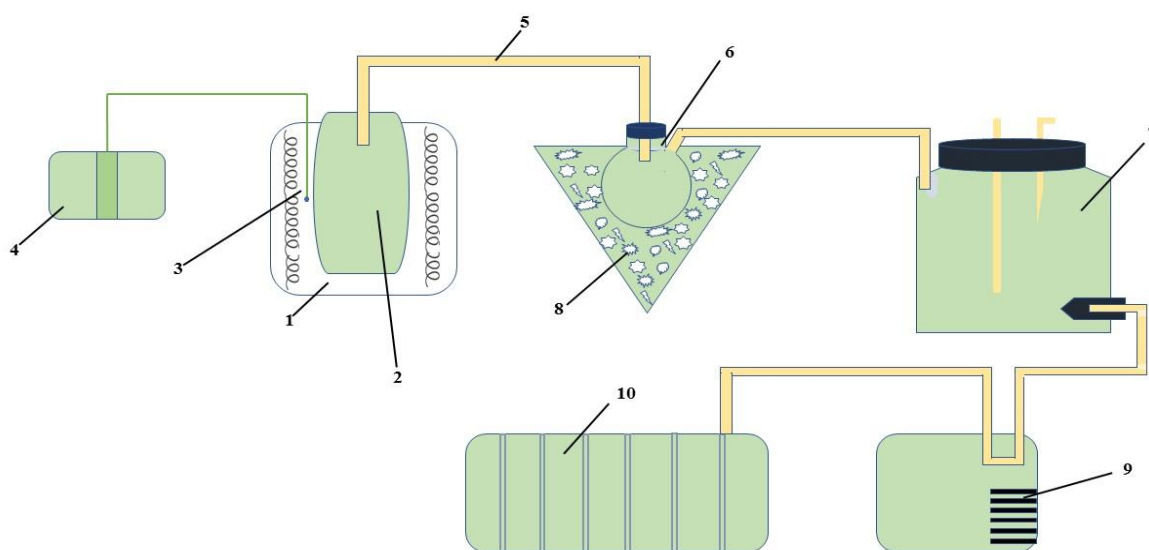
NATIJALAR VA MUHOKAMA. Daraxt poyasi chiqindilaridan uglerodli adsorbent olish texnologiyasi barqaror va iqtisodiy samarali yo‘nalish sifatida alohida ilmiy-amaliy ahamiyat kasb etadi. Ushbu texnologiya orqali bir vaqtning o‘zida chiqindilarni utilizatsiya qilish, arzon va samarali adsorbentlar ishlab chiqarish hamda oqova suvlarni tozalash

samaradorligini oshirish imkoniyati yaratiladi. Kelgusida nanotexnologiyalar va kompozit materiallar asosida modifikatsiyalangan adsorbentlar ishlab chiqish bu sohaning yanada rivojlanishiga xizmat qiladi.

Daraxt poyasi tarkibida organik birikmalarning miqdori yuqori bo‘lishi (99%), ulardan kullik miqdori kam, mustahkamligi yuqori, gidrofob xossaga ega juda yuqori adsorbsion faollikka ega bo‘lgan adsorbentlar olish imkoniyatini beradi. Shuning uchun, mahalliy daraxt poyalari chiqindilari asosida termik va bug‘-gaz faollantirilgan ko‘mir adsorbentlar olish mamlakatimiz valyuta mablag‘larini tejashga va ushbu adsorbentlarni sanoatning turli sohalarida qo‘llash ekologik muommolarni hal qilishga imkon yaratadi.

Ma‘lumki, Farg‘ona vodiysi viloyatlari fermer xo‘jalik ekin maydonlari atrofida, kanal va zovurlar qirg‘oqlarida, bundan tashqari aholi tomorqalarida terak va tol daraxtlari ko‘p miqdorda ekiladi. Ushbu daraxtlar poyasi asosan qurilish materiallari hamda meva sabzavotlar uchun yashiklar yasash uchun ishlatiladi. Daraxtlarning poyasining yumoloq qismiga ishlov berish jarayonida ko‘p miqdorda yog‘och qirindisi va ishlatishga yaroqsiz poyalari chiqindi sifatida hosil bo‘ladi. Ushbu hosil bo‘ladigan yog‘och chiqindilari esa yonilg‘i sifatida ishlatiladi.

Yuqoridagi holatlardan kelib chiqib uglerodli adsorbentlarni mahalliy xom-ashyolar, jumladan, daraxt poyalari chiqindilari asosida tayyorlash alohida ahamiyatga ega. Shu maqsadda tadqiqot ob‘ekti sifatida Respublikamiz hududida o‘sadigan terak va tol daraxtlari poyasini termik 400-900°C larda termik faollantirib ko‘mir adsorbentlar tayyorlandi. Piroliz qurilmasi quyidagi tarkibiy qismlardan iborat: elektr isitgich orqali ishlovchi vertikal pech, reaktor, termopara, millivoltmetr, shisha naycha, piroliz vaqtida ajralib chiqadigan suyuq va gaz mahsulotlar uchun Vyurs kolbasi, gazokollektor, sovutish uchun muzli idish, smola va pirogenetik suvlar uchun idish, gaz chiqishini o‘lchash uchun gazoanalizator VTI-2.



1-rasm. Daraxt poyasi chiqindilari asosida termik faollashtirib uglerodli material olishning laboratoriya qurilmasi texnologik sxemasi: 1) *elektr pech*; 2) *reaktor*; 3) *termopara*; 4) *millivoltmetr*; 5) *shisha naycha*; 6) *Suyuq va gazsimon piroliz mahsulotlarini kondensatsiyanishi uchun Vurts kolbasi*; 7) *gaz kollektori*; 8) *muzlatgich*; 9) *qatron va boshqa suyuq mahsulotlari uchun idish*; 10) *VTI-2 gaz analizatori*.

Bundan tashqari o‘simlik biomassasi kimyoviy faollantirib ko‘mir adsorbentlar tayyorlandi. Dastlab xomashyo maydalanib, 500 °C da inert muhitda piroliz qilindi. Olingan karbonizat kaliy gidroksid eritmasi bilan kimyoviy ishlov berildi. Karbonizat va faollashtiruvchi reagentning turli massa nisbatida amalga oshirildi (1:1, 1:2, 1:3, 1:4 va 1:5). Keyin olingan aralashmalar filtrlandi va ajratib olingan uglerodli materialni 800°C (10°C/min⁻¹) haroratda 60 minut davomida bug‘-gaz faollashtirish usulida faollantirildi. Olingan uglerodli adsorbentlarni neytral muhit hosil bo‘lgunga qadar 0,5 N xlorid kislota eritmasi bilan ishlov berildi. So‘ngra adsorbentlarni distillangan suv bilan pH neytral (7,0) bo‘lguncha bir necha marta yuvildi va 100±5°C haroratda quritildi.



2-rasm. Daraxt poyasi chiqindilari asosida kimyoviy-termik faollashtirib uglerodli material olishning laboratoriya qurilmasi texnologik sxemasi.

Mazkur usulda olingan ko‘mir adsorbentlarining afzalligi shundaki, xomashyoni dastlab inert muhitda piroliz qilish orqali uchuvchi komponentlardan tozalanadi, shuningdek mustahkam uglerod skeleti shakllanadi va u keyingi bosqichlarda samarali faollanish imkonini beradi. Karbonizatning kaliy gidroksid eritmasi bilan turli massa nisbatlarida to‘yintirish g‘ovaklarning kengayishi va yuqori darajada rivojlangan sirt strukturasining hosil bo‘lishiga xizmat qiladi. Shuningdek, 800 °C da bug‘-gaz muhitida faollashtirish jarayonining qo‘llanishi materialning mikrog‘ovak va mezog‘ovaklarini chuqur shakllantirib, adsorbsion yuzasini sezilarli darajada oshiradi. Keyingi bosqichlarda kislotali eritma va distillangan suv bilan

yuqori esa adsorbent tarkibidan noorganik qoldiqlarni miqdorini sezilarli darajada kamaytirib, pH muhitini neytrallashtirishga yordam beradi. Natijada yuqori g‘ovaklilik, katta sirt maydoni, termik barqarorlik va ifloslantiruvchi moddalarga nisbatan yuqori adsorbsiyalash qobiliyatiga ega bo‘lgan ekologik toza ko‘mir adsorbentlar tayyorlanadi.

XULOSA. Uglerodli adsorbentlar olish jarayonida faollashtirish bosqichi eng muhim texnologik zanjirlardan biri hisoblanadi. Mazkur bosqichda xomashyo tarkibida sodir bo‘ladigan fizik-kimyoviy jarayonlar natijasida materialning mikro- va mezog‘ovaklar hajmi o‘zgarishi, solishtirma sirt yuzasi, funksional guruhlari va fizik-kimyoviy xususiyatlari o‘zgarishga uchraydi. Shuning uchun ham termik (fizik) va kimyoviy faollashtirish usullarining o‘ziga xos sharoitlari, ularning jarayon mexanizmlari hamda yakuniy mahsulot xususiyatlariga ta’siri chuqur ilmiy tahlil qilinishi zarur.

Kimyoviy usul yuqori samaradorlik ko‘rsatadi, biroq regeneratsiya va chiqindi eritmalarini tozalash zaruriyatini yuzaga keltiradi. Fizik usul esa ekologik jihatdan afzal, ammo texnologik energiya sarfi ko‘proq hisblanadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR.

1. <https://arxiv.uz/uz/documents/referatlar/xayot-faoliyati-xavfsizligi/oqava-suvlarni-tozalash-usullari>.
2. Tojiyev K.G‘. Oqova suvlarni tozalashning mexanik usullari va ularning istiqbollari. Лучшие интеллектуальные исследования Часть-18_ Том-2_ Апрель -2024.
3. <https://www.idrica.com/blog/stages-of-wastewater-treatment-plants/>
4. <https://www.membracon.co.uk/blog/what-are-the-three-stages-of-wastewater-treatment/>
5. Koul B, Yadav D, Singh S, Kumar M, Song M. Insights into the Domestic Wastewater Treatment (DWWT) Regimes: A Review. Water. 2022; 14(21):3542. <https://doi.org/10.3390/w14213542>.
6. Xudayberganov Islom Aniyozovich (2023). G‘o‘za poyasi qobig‘idan sorbent sifatida foydalanib oqava suvlarni tozalash. Oriental renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences, 3 (10), 160-166.
7. Sukmana, Hadid & Bellahsen, Naoufal & Pantoja Alvarez, Fernanda & Hodúr, Cecilia. (2021). Adsorption and coagulation in wastewater treatment – Review. Progress in Agricultural Engineering Sciences. 17. 49–68. 10.1556/446.2021.00029.
8. Tran HN. Adsorption Technology for Water and Wastewater Treatments. Water. 2023; 15(15):2857. <https://doi.org/10.3390/w1515285>.
9. Satyam S, Patra S. Innovations and challenges in adsorption-based wastewater remediation: A comprehensive review. Heliyon. 2024 Apr 20;10(9):e29573. doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e29573. PMID: 38699034; PMCID: PMC11064087.

10. Kim, Seung-Soo & Kim, Jinsoo & Park, Young-Hun & Park, Young-Kwon. (2010). Pyrolysis Kinetics and Decomposition Characteristics of Pine Trees. Bioresource technology. 101. 9797-802. 10.1016/j.biortech.2010.07.094.

11. Ryłko-Polak I, Komala W, Białowiec A. The Reuse of Biomass and Industrial Waste in Biocomposite Construction Materials for Decreasing Natural Resource Use and Mitigating the Environmental Impact of the Construction Industry: A Review. Materials (Basel). 2022 Jun 8;15(12):4078. doi: 10.3390/ma15124078. PMID: 35744137; PMCID: PMC9229365.

12. С. П. Мохов, П. А. Протас, Ю. И. Мисуно Комплексное использование древесного сырья – Минск : БГТУ, 2023. – 265 с.