ISNN 3030-3907

2026
MAY
ISSUE - 5
VOLUME - 9

DEVELOPMENT OF SCIENCE

scientific journal



Development of science

Ilmiy jurnal

MAY 2026
Issue - 5, VOLUME – 9

ISSN 3030 -3907

Ilmiy jurnal OAK rayosatining 2024 yil 27 sentabrdagi 361-son qaroriga asosan 02.00.00 kimyo fanlari hamda 2025 yil 12 fevral 367- son qaroriga asosan 05.00.00 texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro‘yxatiga kiritilgan.

BOSH MUHARRIR:
Temirov Alisher Hoshim o‘g‘li – texnika fanlari falsafa doktori (PhD),Dotsent.
TAHRIRIYAT KENGASH RAISI:
Fozilov Sadriddin Fayzullayevich – texnika fanlari doktori, professor
TAHRIRIYAT KENGASH A’ZOLARI

TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Bozorov G‘ayrat Rashidovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Abdurahmonov Olim Rustamovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Adizov Bobur Zamirovich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti, professor
Hayitov Ruslan Rustamjonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Jumayev Qayum Karimovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Berdiyev Dorob Murodovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor
Maxmudov Rafiq Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Tilloyev Lochin Ismatilloyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Raxmonov Qahramon Sanakulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Barakayev Nusratullo Rajabovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor.
Jo‘rayev Xayrullo Fayziyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Panoyev Erali Rajabboyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Ataullayev Sherzod Nabiullyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Malik Negmurodovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Axmedova Ozoda Bahronovna
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti.
Safarov Bahri Jumayevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Xaydarov Axtam Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Safarov Jasur Alijon o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Axmedov Voxid Nizomovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Umarov Baqo Bafoyevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Kodirov Abduaxad Abduraximovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Qurbonov Mingniqul Jumagulovich
Qarshi davlat Universiteti, dotsent
Turemuratov Sharibay Naurizbaevich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Qoraqalpog‘iston bo‘limi Bosh ilmiy kotibi, professor
Tursunov Kaxor Shonazarovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Do‘stov Hamro
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Panoyev Nodir Shavkatovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Olimov Bobur Bahodir o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Kasimov Sherzod Abduazimovich
Termiz Davlat Universiteti, professor.
Aliqulov Rustam Valiyevich
Termiz Davlat Universiteti, professor
Tropov Xamza Tursunovich
Samarqand Davlat Universiteti, professor

IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Nizamov Aslitdin Badreddinovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Boboyev Akmal Choriyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Ergashxojayeva Shaxnoza Djasurovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Saidaxmedova Nodira Ilxomovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Muxsinov Bekzod Toxirovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shakarov Qulmat Ashirovich
Renessans ta'lim universiteti,dotsent.
Jumaeva Zulfiya Qayumovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Norova Salomat Yusupovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Avezova Shaxnoza Maxmudjonovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Jalilov Jamshid G‘anijonovich
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, dotsent
Xasanova Gulruh Djumanazarovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Siddiqova Sadoqat G‘afforovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Zoyirov Erkin Xalilovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, DSc, professor
Gaffarov Feruz Hasanovich
Puchon Universiteti, *professor*
Ruziyev Davron Yuldashevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Muradova Firuza Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Yunusova Gulandon Samiyevna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
To‘xtayeva Zebo Sharifovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Navro‘zova Gulchixra Nigmatovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Uzoqova Laylo Polvonovna
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.
To‘raqulova Marjona Qiyom qizi
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Muradova Zarina Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Sanjar Aslonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shodiyev Jahongir Jo‘raqulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent
Gaffarov Laziz Hasanovich
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.

Tahririyat a’zolarning to‘liq ro‘yxati jurnalning www.devos.uz saytida keltirilgan.

Tahririyat hay’ati a’zolarining tarkibini o‘zgartirish hamda qo‘shimcha kiritish yoki tahririyat a’zoligidan chiqarish bosh muharrir tomonidan amalga oshiriladi.

ISSN 3030-3907

Development of science ilmiy jurnali 2024 yil 15 aprel kuni №256445 sonli guvohnoma bilan Davlat ro‘yxatidan o‘tgan.

To‘plam elektron ko‘rinishda (pdf formatida) mualliflarga taqdim etiladi. To‘plamga kiritiladigan maqolalarning mazmuni, ulardagi statistik ma’lumotlar va me’yoriy hujjatlarning to‘g‘riligiga hamda har qanday fikr - mulohazalarga mualliflarning o‘zlari mas’ul hisoblanadilar. Talablarga javob bermaydigan maqolalar to‘plamga kiritilmaydi. Tashkiliy qo‘mita maqola matnini qisqartirish, qisman tuzatish kiritish, seksiyalarga joylashtirish huquqiga ega.

ISSN 3030-3907

TUT DARAXTI POYASI VA ILDIZI ASOSIDA OLINGAN KO‘MIR ADSORBENTLARNING STRUKTURAVIY HAMDA MORFOLOGIK TAHLILI.

Sh.T. Xaydarova
Qo‘qon davlat universiteti
M.Yu. Isaqov
Qo‘qon davlat universiteti
R.A.Payg‘amov
Qo‘qon davlat universiteti
Email: rpaygamov@mail.ru

Annotatsiya. Tut daraxti poyasi va ildizi asosida termik hamda bug‘-gaz faollantirish usullari bilan olingan uglerodli adsorbentlarning strukturaviy va morfologik xususiyatlari rentgen fazoviy tahlil (XRD) va skanerlovchi elektron mikroskopiya (SEM) usullari yordamida o‘rganildi. XRD natijalari 2θ ≈ 22–26° oralig‘ida kuzatilgan keng difraksion maksimumlar adsorbentlarda amorf va turbostratik grafitsimon tuzilmalarning mavjudligini ko‘rsatdi hamda faollantirish harorati ortishi bilan uglerod qatlamlarining qisman tartiblanishi, karbonlashish darajasi va mikrokristallitlar shakllanishi kuchaygani aniqlandi. SEM mikrotasvirlari esa faollantirish jarayonida adsorbent sirtida rivojlangan mikro- va mezog‘ovaklar, yoriqlar hamda kanalsimon strukturalar hosil bo‘lishini tasdiqladi.

Kalit so‘zlar: tut daraxti, faollashtirilgan ko‘mir, termik faollantirish, bug‘-gaz faollantirish, rentgen fazoviy tahlil (XRD), skanerlovchi elektron mikroskopiya (SEM), morfologik tuzilish, grafit tuzilma, mikrokristallit, mikro- va mezog‘ovaklar.

Аннотация. Структурные и морфологические характеристики углеродных адсорбентов, полученных на основе ствола и корней тутового дерева методами термической и парогазовой активации, были исследованы с использованием рентгенофазового анализа (XRD) и сканирующей электронной микроскопии (SEM). Результаты XRD показали наличие широких дифракционных максимумов в области 2θ ≈ 22–26°, что свидетельствует о присутствии аморфных и турбостратных графитоподобных структур в адсорбентах, а также установлено, что с увеличением температуры активации усиливаются частичная упорядоченность углеродных слоёв, степень карбонизации и формирование микрокристаллитов. Микроизображения SEM подтвердили образование развитых микро- и мезопор, трещин и каналоподобных структур на поверхности адсорбента в процессе активации.

ISSN 3030-3907

Ключевые слова: тутовое дерево, активированный уголь, термическая активация, парогазовая активация, рентгенофазовый анализ (XRD), сканирующая электронная микроскопия (SEM), морфологическая структура, графитовая структура, микрокристаллиты, микро- и мезопоры.

Abstract. The structural and morphological characteristics of carbon adsorbents obtained from mulberry tree stems and roots using thermal and steam–gas activation methods were investigated by X-ray diffraction (XRD) and scanning electron microscopy (SEM). The XRD results revealed broad diffraction maxima in the range of $2\theta \approx 22–26°$, indicating the presence of amorphous and turbostratic graphitic structures in the adsorbents. It was also found that with increasing activation temperature, partial ordering of carbon layers, the degree of carbonization, and the formation of microcrystallites become more pronounced. SEM micrographs confirmed the formation of well-developed micro- and mesopores, cracks, and channel-like structures on the adsorbent surface during the activation process.

Keywords: mulberry tree, activated carbon, thermal activation, steam–gas activation, X-ray diffraction (XRD), scanning electron microscopy (SEM), morphological structure, graphitic structure, microcrystallites, micro- and mesopores.

KIRISH.

Rentgen fazoviy tahlil usuli uglerodli adsorbentlarning struktura va morfologik xususiyatlarini o‘rganishda muhim rol o‘ynaydi. Bu usul materialning kristallik tuzilishini, fazaviy tarkibini va grafen qatlamlarining tartibini aniqlash imkonini beradi. Uglerodli adsorbentlarda, xususan faollashtirilgan uglerod, grafen oksidi va uglerod nanotubalarda XRD asosan (002) va (100) diffraksiya piklarini tahlil qilish orqali interplanar masofa (d_{002}), kristallit o‘lchamlari hamda materialning amorflik darajasini baholaydi.

Uglerod materiallarida (002) peakning 24–28° oralig‘ida keng va past intensivlikdagi holati amorf yoki yarim tartibli grafit qatlamlarining mavjudligidan dalolat beradi. Bunday o‘zgarishlar faollashtirish harorati va reagent konsentratsiyasiga bog‘liq bo‘lib, optimal sharoitlarda adsorbentning kristallik darajasi pasayib, adsorbsiya qobiliyati esa keskin ortadi [1-3].

ADABIYOTLAR TAHLILI.

XRD usuli materiallarning morfologik xususiyatlarini bevosita tasvirlamasada, ularning kristall tuzilishi orqali morfologik holat haqida muhim bilvosita ma’lumot beradi. Difraksion cho‘qqilarning kengayishi kristallit o‘lchamining kichrayganini, qatlamlararo masofaning ortishi esa uglerod strukturasining bo‘shashgan va g‘ovaklashgan holatga o‘tganini ko‘rsatadi. Ayniqsa, faollashtirilgan ko‘mir adsorbentlarda kichik kristallitlar va qisman

ISSN 3030-3907

amorflashgan struktura yuqori disperslik, rivojlangan sirt hamda mikro- va mezog‘ovaklarning shakllanishi bilan bog‘liqdir. Faollantirish jarayonida uchuvchan komponentlarning chiqib ketishi natijasida uglerod qatlamlari orasida qo‘shimcha yoriqlar hosil bo‘lib, bu adsorbentning g‘ovakli morfologiyasini rivojlantiradi. XRD orqali aniqlangan ushbu strukturaviy o‘zgarishlar keyinchalik SEM va TEM usullarida sirt morfologiyasi, BET tahlilida esa solishtirma sirt maydoni va g‘ovak hajmining ortishi bilan tasdiqlanadi. Shu sababli XRD usuli adsorbentlarning morfologik va teksturaviy xossalarini baholashda muhim fundamental tahlil usullaridan biri hisoblanadi [4-6].

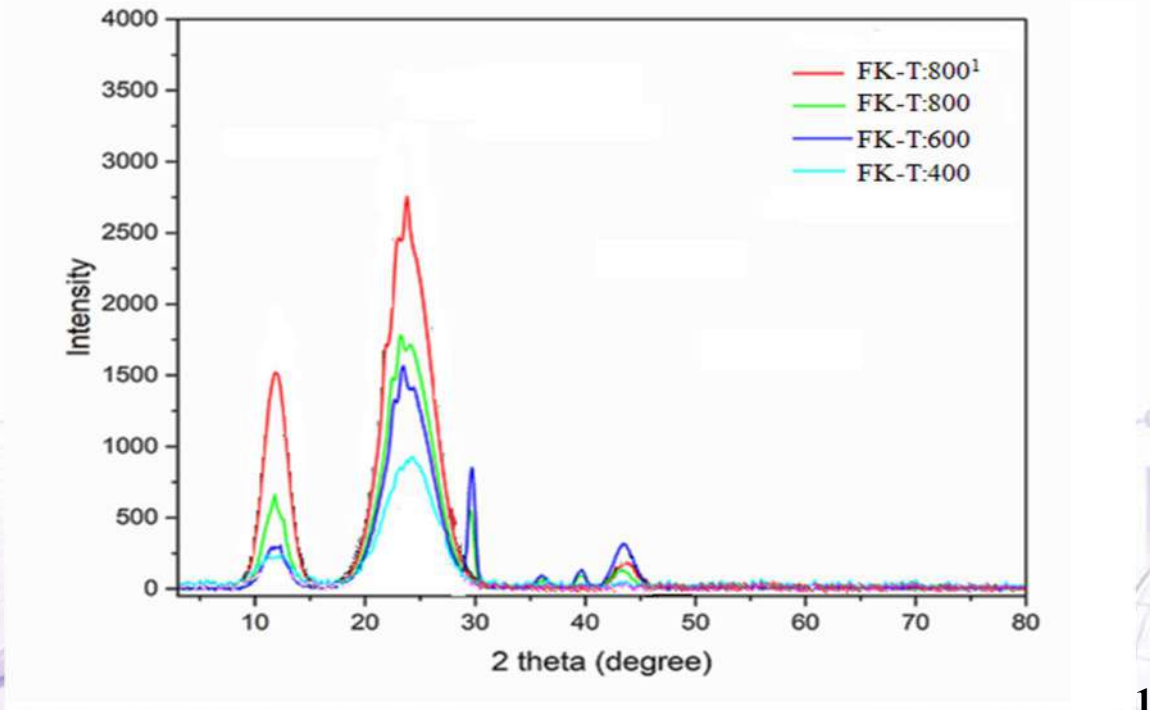
TADQIQOT METODOLOGIYASI.

Yuqoridagi fikrlardan kelib chiqib ko‘mir adsorbentlarni mahalliy ikkilamchi xomashyolardan olish alohida ahamiyatga ega. Shu maqsadda tadqiqot ob’ekti sifatida bahor faslida tut ipak qurtini boqish uchun mamlakatimizda keng ko‘lamda foydalaniladigan tut daraxti poyasi va ildizi chiqindilari tanlab olindi hamda termik va bug‘-gaz faollantirish usullaridan foydalanib adsorbentlar tayyorlandi va olingan uglerodli materiallarni quyidagicha nomlandi: tut daraxti poyasi chiqinsi asosida olingan namunalarni-FK-T; tut daraxti ildizi chiqindilarini FK-T:1.

Termik va bug‘-gaz faollantirilgan uglerodli adsorbentlarning tarkibiy va strukturaviy tuzilishlari XRD va SEM yordamida aniqlandi.

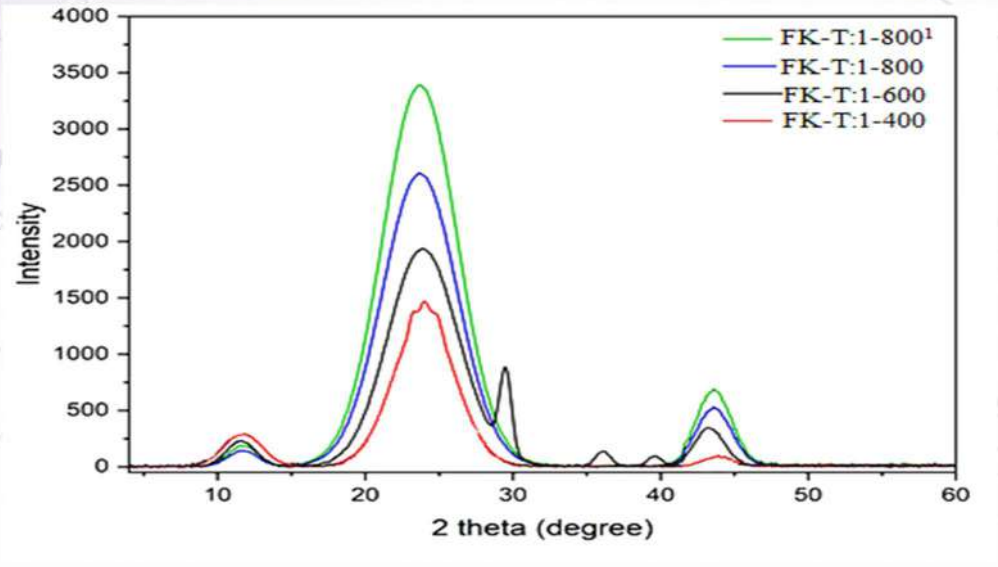
MUHOKAMA VA NATIJALAR.

Termik va bug‘-gaz faollantirilgan tut daraxti xomashyolari asosida olingan namunalarning rentgenogrammalari 1-rasmda keltirilgan.



1)

ISSN 3030-3907



2)

1-rasm. Tut daraxti poyasi va ildizi asosida faollantirib olingan ko‘mir adsorbentlarning rentgenogrammalari: 1) poya asosida olingan namunalar 2) ildiz asosida olingan namunalar.

Rentgenogrammalarda $2\theta \approx 22–26°$ oralig‘ida kuzatilgan keng intensiv maksimumlar uglerod materiallariga xos bo‘lgan turbostratik grafitsimon tuzilmalarning mavjudligini bildiradi. Ushbu keng piklarning nisbatan yoyiq shaklda namoyon bo‘lishi adsorbentlarning asosiy qismi amorf uglerod matritsasidan tashkil topganini ko‘rsatadi. Poya asosida olingan FK-T:400, FK-T:600 va FK-T:800 namunalarida harorat ortishi bilan pik intensivligining oshishi karbonlashish va aromatik qatlamlarning kondensatsiyalanishi kuchayganini anglatadi. Ayniqsa FK-T:800[1] namunasida $2\theta \approx 23–24°$ sohadagi maksimumning keskin ortishi uglerod skeletining nisbatan tartiblangan holatga o‘tganini hamda mikrokristallitlar shakllanganini ko‘rsatadi. $2\theta \approx 42–45°$ atrofidagi kuchsiz piklar esa grafitik qatlamlarning (100) yoki (101) tekisliklariga mos kelib, yuqori haroratda qisman grafitlanish jarayoni sodir bo‘lganini tasdiqlaydi. Ildiz asosidagi namunalarda ham shunga o‘xshash tendensiya kuzatilgan bo‘lsada, ayrim namunalarda piklarning intensivligi yuqoriroq bo‘lishi ildiz tarkibidagi ligninning ko‘proq ulushi va mineral komponentlarning ta’siri bilan izohlanadi. Xususan FK-T:1-800[1] namunasida asosiy maksimumning ancha baland va torroq shaklda namoyon bo‘lishi strukturaviy tartiblanish darajasi poya asosidagi namunaga nisbatan yuqoriroq ekanligini bildiradi. $2\theta \approx 28–30°$ oralig‘idagi keskin piklar esa adsorbent tarkibida mineral qoldiqlar yoki kul komponentlari, jumladan kremniy va metall oksidlarining mavjudligi bilan bog‘liq bo‘lishi mumkin.

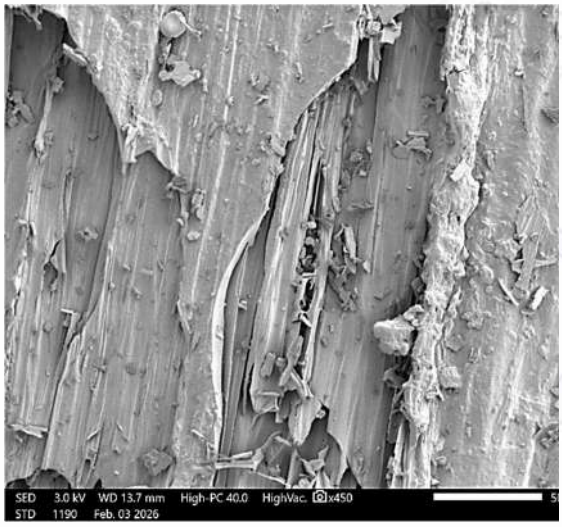
Materiallarning morfologik tuzilishini o‘rganishda skanerlovchi elektron mikroskopiya (SEM) usuli eng muhim va samarali fizik tadqiqot metodlaridan biri hisoblanadi. Ushbu usul material sirtining nanoo‘lchamdagi tuzilish sturturasi, g‘ovaklarning shakli va taqsimoti, zarrachalarning o‘lchami hamda

ISSN 3030-3907

ularning agregatsiyalanish darajasini yuqori aniqlikda tasvirlash imkonini beradi. Ayniqsa, uglerodli adsorbentlar uchun SEM tahlili sirtning rivojlanganligi va g‘ovakli morfologiyaning shakllanishini aniqlashda katta ahamiyatga ega.



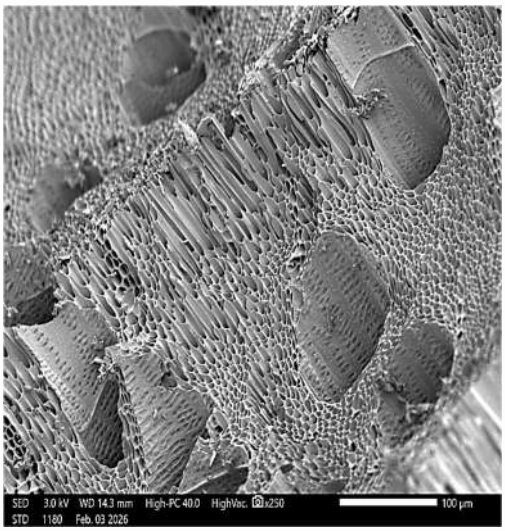
1)



2)



3)



4)

2-rasm. Tut daraxti poyasi asosida faollashtirib olingan ko‘mir adsorbentlarning mikrotasvirlari: 1) FK-T:400; 2) FK-T:600;3) FK-T:800;4) FK-T:800[1].

Keltirilgan SEM tasvirlari tahlili shuni ko‘rsatadiki, daraxt poyasi asosida olingan ko‘mirlarning sirt morfologiyasi termik va bug‘-gaz faollantirish usuliga bevosita bog‘liq holda sezilarli o‘zgarishlarga uchraganligini ko‘rsatadi. Dastlabki past haroratlarda faollantirilgan namuna sirtida nisbatan tekis, zich joylashgan va cheklangan g‘ovaklikka ega struktura kuzatilib, bu bosqichda daraxt poyasi tarkibidagi matritsasining to‘liq parchalanmaganligini ko‘rsatadi. Harorat ortib 600–800 °C gacha yetkazilganda sirt strukturasida ancha murakkab morfologik o‘zgarishlar ro‘y berganlini ko‘rish mumkin. Natijada, bu o‘zgarishlar materialning sorbsiya faolligini oshiruvchi asosiy omil - solishtirma sirt yuzasi va

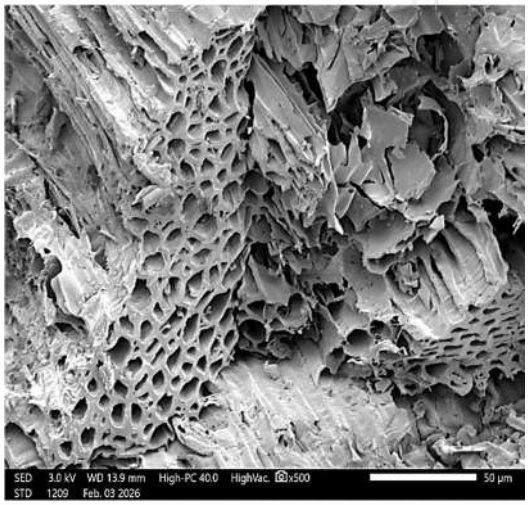
ISSN 3030-3907

g‘ovaklik darajasining ortishiga olib keladi. Bu esa faollashtirilgan ko‘mirning ichki yuzasi va g‘ovaklararo o‘tkazuvchanligini sezilarli oshiradi.

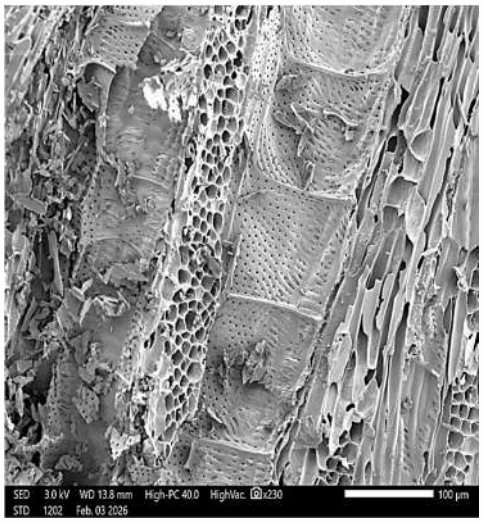
Bug‘-gaz faollantirish namunalarning sirt tuzilishining chuqurroq o‘zgartirganligini va morfologik notekislikning kuchayishiga olib kelganini ko‘rish mumkin. Bunda suv bug‘i bilan ishlov berish natijasida sirtda uglerodli komponentlarning chuqur karbonizatsiyasi va gaz fazali mahsulotlar chiqishi natijasida sirt bo‘ylab yirik yoriqlar, kanallar va o‘zaro bog‘langan mikrog‘ovaklik strukturaga ega bo‘lganligi va sirtning yanada notekis ko‘rinishga ega bo‘lishi aniqlangan.



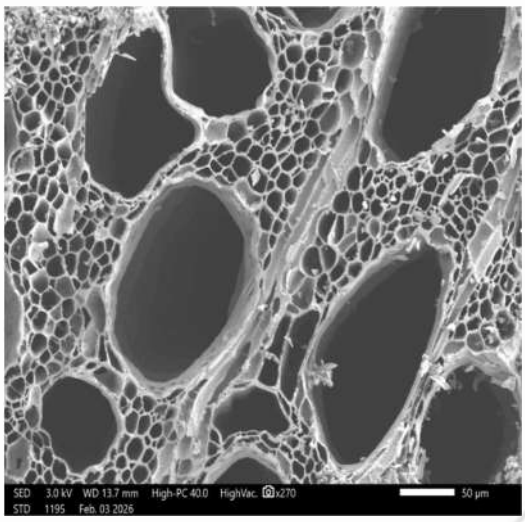
1)



2)



3)



4)

2.11-rasm. Tut daraxti ildizi asosida termik va kimyoviy faollashtirib olingan ko‘mir adsorbentlarning mikrotasvirlari: 1) FK-T:1-400; 2) FK-T:1-600;3) FK-T:1-800;4) FK-T:1-800[1].

Tut daraxti ildizi asosida olingan ko‘mir namunalarning SEM tasvirlari termik faollantirish harorati ortishinining sirt-morfologiyasiga turlicha ta’sir ko‘rsatishini yana bir bor belgilab berdi. Past haroratda termik faollantirish natijasida yuza maydoni nisbatan zich, cheklangan mikrog‘ovak tizimiga ega

ISSN 3030-3907

bo‘lib, asosan o‘lchami nisbatan yirik mikro- va mezog‘ovaklar tuzilmasidan iboratligini ko‘rish mumkin. Faollantirish harorati oshgan sari gaz faza mahsulotlari va yuqori darajadagi karbonizatsiya tufayli devorlarning yupqalashishi, yuzada yoriqlar, kanallar va bir-biriga tutashgan mikro–mezog‘ovak strukturalari paydo bo‘ladi, bu esa ichki yuzani va o‘tish kanallarini sezilarli darajada oshiradi.

XULOSA VA TAKLIFLAR.

Tut daraxti poyasi va ildizi asosida termik hamda bug‘-gaz faollashtirish usullari bilan olingan uglerodli adsorbentlar yuqori g‘ovaklikka ega strukturasi va adsorbsion samarador materiallar hisoblanadi. XRD tahlillari adsorbentlarda amorf uglerod fazasi ustunligini hamda faollashtirish jarayonida strukturaviy o‘zgarishlar sodir bo‘lishini ko‘rsatadi. SEM natijalari material sirtida ko‘plab mikro va mezog‘ovaklar hosil bo‘lganligini tasdiqlaydi. Olingan natijalar tut daraxti biomassasi asosida samarali uglerodli sorbentlar olish mumkinligini ko‘rsatib, ularni suv va gaz muhitlarini tozalashda istiqbolli adsorbent material sifatida qo‘llash imkonini beradi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Payg‘amov R. A. (2025). Uglerodli materiallarning tarkibi va tuzilishini fizik-kimyoviy tahlil usullari yordamida tadqiq qilish. Development Of Science, 12(7), pp. 283-292. https://doi.org/0

2. С. Богданов (2013). Рентгеноструктурный анализ углеродистых материалов.

3. Prigorodova, Anna. (2017). Crystallographic analysis of graphite by X-Ray diffraction. Coke and Chemistry. 60. 361-365. 10.3103/S1068364X17090058.

4. V. Uvarov, I. Popov, Metrological characterization of X-ray diffraction methods for determination of crystallite size in nano-scale materials, Materials Characterization, Volume 58, Issue 10, 2007, Pages 883-891, ISSN 1044-5803, https://doi.org/10.1016/j.matchar.2006.09.002.

5. Ali, A., Chiang, Y. W., & Santos, R. M. (2022). X-ray Diffraction Techniques for Mineral Characterization: A Review for Engineers of the Fundamentals, Applications, and Research Directions. Minerals, 12(2), 205. https://doi.org/10.3390/min12020205

6. Ali, A., Chiang, Y. W., & Santos, R. M. (2022). X-ray Diffraction Techniques for Mineral Characterization: A Review for Engineers of the Fundamentals, Applications, and Research Directions. Minerals, 12(2), 205. https://doi.org/10.3390/min12020205.