UGLERODLI MATERIALLARNING TARKIBI VA TUZILISHINI FIZIK-KIMYOVIY TAHLIL USULLARI YORDAMIDA TADQIQ QILISH.

Payg‘amov Raximjon Abdukayumovich
Qo‘qon davlat universiteti dotsenti, PhD.
Email: rpaygamov@mail.ru

Annotatsiya: Maqolada melaminlangan qog‘oz chiqindilari va ishlatilgan avtomashina shinalari asosida olingan uglerodli adsorbentlarning namlik va kullik ko‘rsatkichlari, shuningdek ularning tarkibiy va strukturaviy xossalari kompleks fizik-kimyoviy tahlil usullari yordamida o‘rganildi va olingan natijalar asosida ilmiy asoslandi. Termik va kimyoviy faollantirish jarayonlari namlik miqdorining kamayishiga va kullik miqdorining o‘zgarishiga sezilarli ta’sir ko‘rsatishi aniqlandi. IQ-spektrlar analiz natijalari sirt funksional guruhlarining qayta shakllanishini, XRD tahlili amorf va qisman grafitlashgan tuzilmani, SEM tasvirlari esa rivojlangan mikro–mezog‘ovak tuzilishli materiallar hosil bo‘lishini tasdiqlaydi. Olingan natijalar ushbu materiallarning samarali adsorbent sifatida turli sanoat sohalarida foydalanish mumkinligini ilmiy asoslaydi.

Kalit so‘zlar: uglerodli adsorbentlar, melaminlangan qog‘oz chiqindilari, avtomashina shinalari chiqindilari, termik faollantirish, kimyoviy faollantirish, namlik va kullik, IQ-spektroskopiya, rentgen-faza tahlili (XRD), skanerlovchi elektron mikroskopiya (SEM), mikro–mezog‘ovak tuzilish.

Аннотация. В статье с использованием комплекса физико-химических методов анализа изучены показатели влажности и зольности, а также состав и структурные особенности углеродных адсорбентов, полученных на основе меламинированных бумажных отходов и отработанных автомобильных шин, и на основе полученных результатов даны их научные обоснования. Установлено, что процессы термической и химической активации оказывают существенное влияние на снижение содержания влаги и изменение зольности образцов. Результаты анализа ИК-спектров свидетельствуют о перераспределении и повторном формировании поверхностных функциональных групп, данные рентгенофазового анализа (XRD) подтверждают аморфную и частично графитизированную структуру, а SEM-изображения указывают на формирование развитой микро–мезопористой структуры. Полученные результаты научно обосновывают возможность использования данных материалов в качестве эффективных адсорбентов в различных отраслях промышленности.

Ключевые слова: углеродные адсорбенты, меламинированные бумажные отходы, отходы автомобильных шин, термическая активация, химическая активация, влажность и зольность, ИК-спектроскопия, рентгенофазовый

ISSN 3030-3907

анализ (XRD), сканирующая электронная микроскопия (SEM), микро–мезопористая структура.

Abstract. In this article, using a of physicochemical analytical methods, the moisture and ash contents, as well as the composition and structural features of carbon adsorbents obtained from melamine-coated paper waste and spent automobile tires, were investigated, and the obtained results were scientifically substantiated. It was established that thermal and chemical activation processes have a significant effect on reducing moisture content and altering the ash content of the samples. The results of IR spectral analysis indicate the redistribution and reformation of surface functional groups, X-ray diffraction (XRD) data confirm an amorphous and partially graphitized structure, while SEM images reveal the formation of a well-developed micro–mesoporous structure. The obtained results scientifically justify the potential use of these materials as effective adsorbents in various industrial sectors.

Keywords: carbon adsorbents, melamine-coated paper waste, automobile tire waste, thermal activation, chemical activation, moisture and ash content, IR spectroscopy, X-ray diffraction (XRD), scanning electron microscopy (SEM), micro–mesoporous structure.

Kirish.

Melaminlangan qog‘oz chiqindilari va ishlatilgan avtomashinadan olingan uglerodli materiallar qayta ishlash orqali yuqori qiymatli adsorbentlar, katalizator tashuvchilari yoki elektr o‘tkazuvchan materiallar sifatida foydalanish imkoniyatini beradi. Ushbu chiqindilarning tarkibi murakkab bo‘lib, organik polimerlar, smolalar, uglerod skeleti, azotli va kislorodli funksional guruhlarni o‘z ichiga oladi. Shu sababli, ularning kimyoviy tarkibi va tuzilishini chuqur o‘rganish uchun fizik-kimyoviy tahlil usullarining majmuaviy qo‘llanilishi talab etiladi [1,2].

Uglerodli materiallarning tarkibi va tuzilishini aniqlash ularning adsorbsion, katalitik hamda elektrokimyoviy xossalarini baholashda muhim ilmiy va amaliy ahamiyatga ega. Shu bois, ushbu materiallarni tadqiq etishda zamonaviy fizik-kimyoviy tahlil usullaridan foydalanish muhim hisoblanadi. Xususan, infraqizil spektroskopiya (FTIR), rentgen-faza tahlili (XRD), termik tahlil (TG–DTA), skanerlovchi elektron mikroskopiya (SEM) va azot adsorbsiyasi asosidagi BET usullari orqali uglerodli materiallarning funksional guruhlari, kristall va amorf tuzilishi, termik barqarorligi hamda g‘ovaklik va sirt xossalari aniqlanadi. Ushbu usullar majmuasi uglerodli materiallarning tarkib–tuzilish–xossa o‘rtasidagi bog‘liqlikni chuqur tahlil qilish imkonini beradi [3,4].

ADABIYOTLAR TAHLILI.

ISSN 3030-3907

Faollashtirilgan uglerodli materiallarning namlik va kullik miqdori ularning sifat ko‘rsatkichlarini, issiqlik barqarorligini hamda adsorbsion samaradorligini belgilovchi muhim omillar hisoblanadi.

IQ-spektral tahlil olingan uglerodli materiallarning strukturaviy transformatsiyasini aniqlashda ham muhim ahamiyat kasb etadi. Turli xil xomashyolar tarkibida mavjud aromatik uglevodorodlar, azotli birikmalar, sulfid bog‘lar va boshqa turdagi komponentlar termik va kimyoviy faollashtirish jarayonida sezilarli darajada o‘zgaradi.

Rentgen fazoviy tahlil (XRD) usuli uglerodli adsorbentlarning kristallik darajasi, grafitlashuv bosqichi va strukturaviy tartib darajasini aniqlashda eng ishonchli va samarali usullardan biri hisoblanadi. Ushbu metod yordamida material tarkibidagi amorf va kristall fazalarning nisbati, uglerod atomlarining qatlamlararo masofasi (d002) hamda grafit strukturasiga o‘tish darajasi aniqlanadi.

Materiallar tuzilishi va morfologiyani aniqlash uchun skanerlovchi elektron mikroskopiya (SEM)dan foydalaniladi.

Shu tariqa, IQ-spektroskopiya, XRD, TG–DTA, BET va SEM tahlillarining kompleks qo‘llanilishi uglerodli materiallarning tarkibiy va strukturaviy o‘ziga xosliklarini aniqlash, ularni yuqori samarali adsorbentlar sifatida baholash uchun ilmiy asos yaratadi [5-8].

TADQIQOT METODOLOGIYASI.

Yuqoridagi fikrlardan kelib chiqib uglerodli adsorbentlarni mahalliy ikkilamchi xomashyolardan olish, jumladan ishlatilgan avtomashina shinalardan hamda melaminlangan qog‘oz chiqindilaridan olish alohida ahamiyatga ega. Shu maqsadda tadqiqot ob’ekti sifatida ishlatilgan avtomashina shinalari va melaminlangan qog‘oz chiqindilari tanlab olindi hamda fizik va kimyoviy faollantirish usullaridan foydalanib adsorbentlar tayyorlandi va olingan uglerodli materiallarni quyidagicha nomlandi: melaminlangan qog‘oz chiqinsi asosida olingan namunalarni-FK-M; ishlatilgan avtomashina shinasi chiqindilarini FK-A.

Termik va kimyoviy faollantirilgan uglerodli adsorbentlarning namlik miqdori namlik aniqlovchi analizatorda (MA 210.R markali), kullik miqdori GOST 11022-95 asosida ishlab chiqilgan metodika, shuningdek tarkibiy va strukturaviy tuzilishlari IQ-spektroskopiya, XRD va SEM yordamida aniqlandi.

MUHOKAMA VA NATIJALAR.

Quyidagi jadvaldagi ma’lumotlar shuni ko‘rsatadiki, termik faollashtirish harorati ortishi bilan ko‘mir namunalari namlik miqdorining kamayishi, aksincha kullik miqdorining ortishi kuzatildi. FK-A turidagi namunalar uchun namlik 400 °C da 4,876% bo‘lib, harorat 1000 °C gacha oshirilganda 3,174% gacha kamaydi. Shu bilan birga, harorat ortishi natijasida noorganik komponentlarning nisbiy ulushi ortib boradi, natijada kullik miqdori 7,142% dan 14,718% gacha ko‘tariladi.

ISSN 3030-3907

1-jadval.

Termik faollantirilgan ko‘mir adsorbentlarning fizikaviy xususiyatlari

№	Ko‘mir namunalari	Namlik miqdori (%)	Kullik miqdori (%)
1	FK-A:400	4,876	7,142
2	FK-A:500	4,243	9,437
3	FK-A:600	3,964	11,374
4	FK-A:700	3,621	12,671
5	FK-A:800	3,578	12,764
6	FK-A:900	3,327	13,482
7	FK-A:1000	3,174	14,718
8	FK-M:400	5,421	6,762
9	FK-M:500	5,147	7,337
10	FK-M:600	4,978	8,617
11	FK-M:700	4,756	9,411
12	FK-M:800	4,512	10,731
13	FK-M:900	4,247	11,491
14	FK-M:1000	4,064	12,148

FK-M turidagi namunalar (melamin qoplamali chiqindilar asosida olingan) uchun shina chiqindisi asosida olingan namunalarda bo‘lgani kabi o‘zgarishlar kuzatildi, biroq melaminlangan qog‘oz chiqindilari asosida olingan uglerodli adsorbentlarda namlik miqdori nisbatan yuqoriroq qiymatlarda o‘zgarish kuzatilgan (5,421% → 4,064%), bu esa xomashyo tarkibida melamin-formaldegid qatronlarining mavjudligi va ularning gigroskopik tabiatiga bog‘liq. Shu bilan birga, kullik miqdori 400 °C da 6,762% dan 1000 °C da 12,148% gacha ortadi. FK-M namunalarining kullik ko‘rsatkichi FK-A namunalariga qaraganda biroz pastroq bo‘lishi, ularning tarkibida mineral aralashmalar miqdorining kamligi va organik komponentlar ulushining yuqoriligi bilan izohlanadi.

Ko‘pgina olib borilgan tadqiqotlarda ko‘mir adsorbentlarning kul miqdironi kamaytirish maqsadida kislota yoki ishqorlar bilan qayta ishlash ijobiy natijalarga erishilganligini ko‘rish mumkin. Bundan tashqari kimyoviy modifikatsiyalash ko‘mir adsorbentlarning fizik-kimyoviy, adsorbsion xossalari o‘zgarishiga olib keladi. Ushbu namunalarning kul miqdorini kamaytirish uchun namunalarni kimyoviy modifikatsiyalash maqsadga muvofiq hisoblanadi.

2-jadval.

Kimyoviy faollantirilgan ko‘mir adsorbentlarning fizikaviy xususiyatlari

№	Ko‘mir namunalari	Faollantiruvchi reagent (KOH) konsentrasiyasi, %	Namlik miqdori (%)	Kullik miqdori (%)

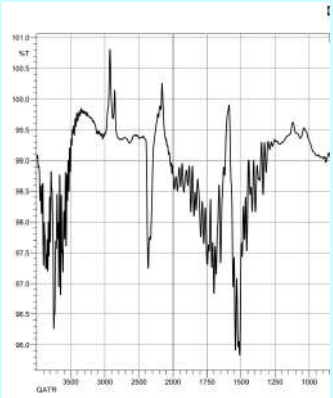
ISSN 3030-3907

1	FK-A:1	10	2,349	6,268
2	FK-A:2	20	2,114	6,384
3	FK-A:3	30	2,084	6,534
4	FK-M:1	10	2,814	6,346
5	FK-M:2	20	2,562	6,434
6	FK-M:3	30	2,481	6,547

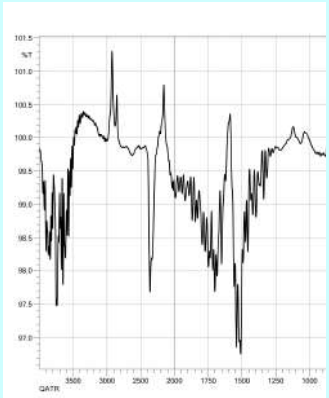
KOH eritmasi konsentrasiyasi ortishi bilan har ikki turdagi namunalar uchun namlik miqdori biroz kamayganligini ko‘rish mumkin. FK-A namunalarida namlik 2,349 % dan 2,084 % gacha, FK-M namunalarida esa 2,814 % dan 2,481 % gacha kamaygan. Bu holat KOH bilan faollashtirish natijasida material tarkibidagi gigroskopik funksional guruhlarning kamayishi va uglerod skeletining barqarorlashuvi bilan izohlanadi. Shu bilan birga, yuqori harorat va kimyoviy o‘zaro ta’sir natijasida sirtning suv bilan bog‘lanish qobiliyati susayadi, bu esa adsorbentning gigroskopik xususiyatini kamaytiradi.

Kullik miqdori esa aksincha, faollantiruvchi reagent miqdori ortishi bilan ortib borganligi aniqlandi. FK-A namunalarida 6,268 % dan 6,534 % gacha, FK-M namunalarida esa 6,346% dan 6,547 % gacha ortgan. Lekin termik faollantirilgan namunalarga nisbatan deyarli ikki marta kamayganligini ko‘rish mumkin. Bu esa KOH bilan faollashtirish natijasida hosil bo‘lgan mineral birikmalar va xomashyo tarkibidagi boshqa turdagi noorganik qoldiqlarning 0,5 N HCl bilan neytrallanish va distillangan suv bilan bir necha marta to‘liq yuvilish jarayonida erishi natijasi bilan izohlanadi [9].

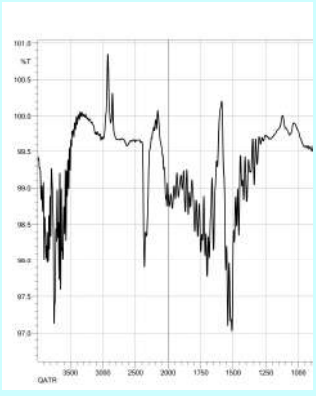
Melaminlangan qog‘oz va shina chiqindilari asosida olingan uglerodli materiallarning infraqizil spektrlari tahlili ularning kimyoviy tuzilishi, funksional guruhlarining holati hamda faollashtirish jarayonida sodir bo‘ladigan strukturaviy o‘zgarishlarni chuqur o‘rganish imkonini beradi.



1)

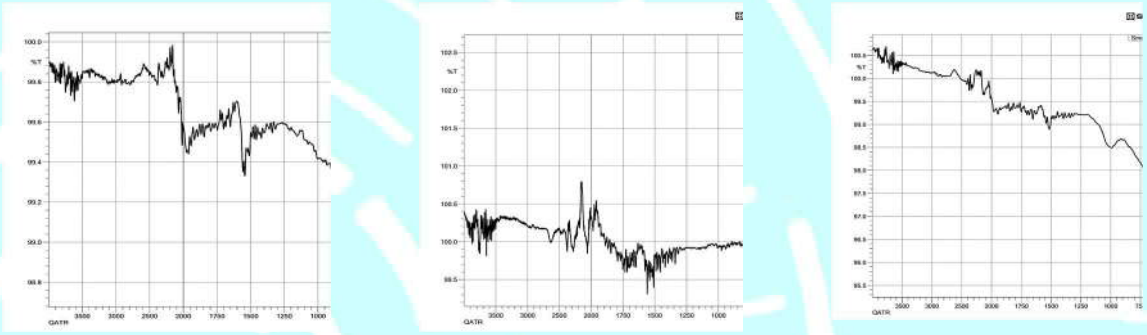


2)



3)

ISSN 3030-3907



4) 5) 6)

1-rasm. Ikkilamchi xomashyolar asosida olingan ko‘mir adsorbentlarning IQ-spektrlari: *1) FK-A:1; 2) FK-A:2; 3) FK-A:3; 4) FK-M:1;5) FK-M:2; 6) FK-M:3.*

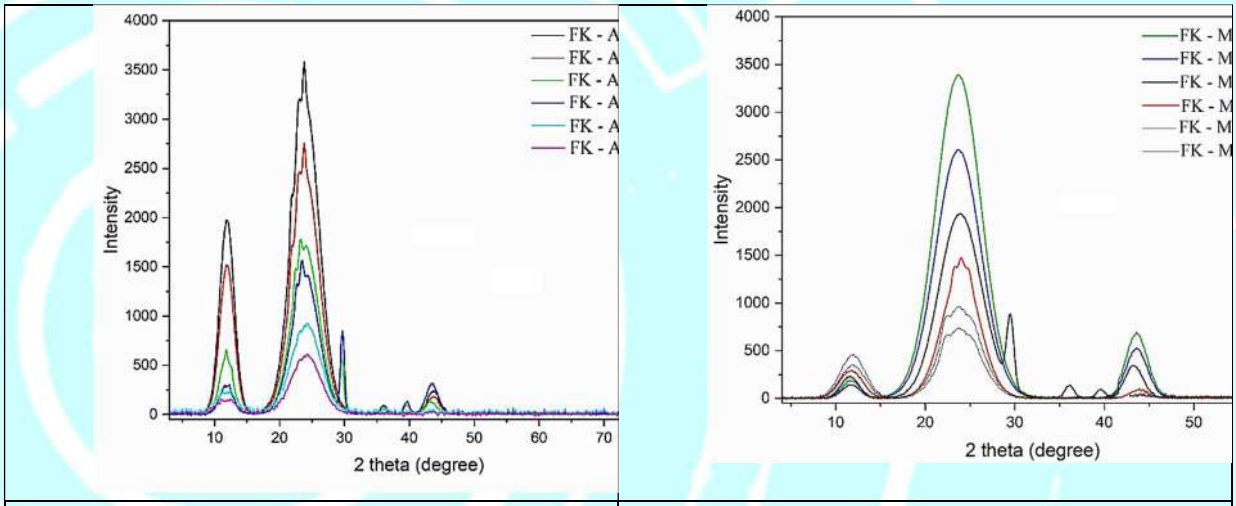
Olingan ko‘mir adsorbentlarning 10, 20 va 30 % li KOH eritmalari bilan faollantirilgan namunalarining IQ-spektrlari ularning sirt kimyoviy tarkibidagi o‘zgarishlarni yaqqol namoyon etadi. 3500–3200 sm^{-1} atrofidagi keng yutilish chizig‘i –OH guruhlariga, ya’ni fenol gidroksil guruhi, karboksil guruhdagi OH- va adsorbsiyalangan suv molekulalarining tebranishlariga mos keladi. 2920–2850 sm^{-1} diapazonidagi zaif intensivlikdagi cho‘qqilar C–H bog‘lari tebranishlarini bildiradi. 1700–1600 sm^{-1} oralig‘idagi yutilish chizig‘i karbonil (C=O) guruhlariga, xususan, keton, karboksil yoki lakton turlarining mavjudligini anglatadi. 1570–1450 sm^{-1} atrofidagi yutilishlar aromatik halqadagi C=C bog‘lariga, 1100–1000 sm^{-1} oralig‘idagi tebranishlar esa C–O–C va C–O kabi oddiy efir bog‘lari asosdagi funksional guruhlariga tegishli bo‘lib, ko‘mir sirtida kislorodli funksional markazlarning shakllanganini ko‘rsatadi.

KOH konsentrasiyasi oshgani sari IQ- spektrlaridagi –OH va C–O guruhlariga xos cho‘qqilarning nisbiy intensivligi pasayib, 1600 sm^{-1} atrofidagi aromatik C=C bog‘lari signalining kuchaygani kuzatildi, bu esa sirtning grafitlashuv darajasi ortganini bildiradi. Bu holat kuchli ishqoriy muhitda uglerod skeletining chuqur dekstruksiyasi va mikrog‘ovakli tuzilmaning shakllanishi bilan izohlanadi. Shunday qilib, KOH konsentrasiyasining ortishi shina chiqindilaridan olingan ko‘mir adsorbentlarining sirt funksional tarkibini qayta shakllantirib, oksidlovchi guruhlar miqdorini kamaytirish hamda grafitli uglerod fazasini kuchaytirish orqali ularning adsorbsion xususiyatlarini faollashtiradi.

Termik faollantirilgan namunalarning rentgenogrammalari 2-rasmda keltirilgan. Rentgen fazoviy tahlil (XRD) natijalari asosida olingan ma’lumotlar asosida melaminlangan qog‘oz chiqindisidan olingan uglerodlar amorf tuzilishga ega ekani, biroq ularning tarkibida tartibli grafitik qatlamlarning qisman mavjudligi aniqlandi. Bu holat melaminning azotli komponentlari uglerodlanish jarayonida grafit strukturasining barqarorlashuviga yordam berganini ko‘rsatadi. Ishlatilgan avtomobil materiallarida esa metall oksidlari yoki silikatli komponentlarning

ISSN 3030-3907

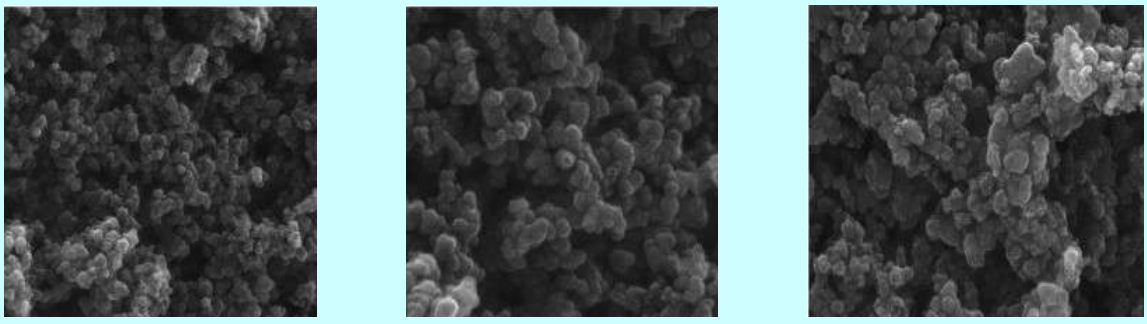
diffraqsiya cho‘qqilari kuzatildi, bu ularning aralash fazali tarkibga ega ekanligini bildiradi.



1) 2)

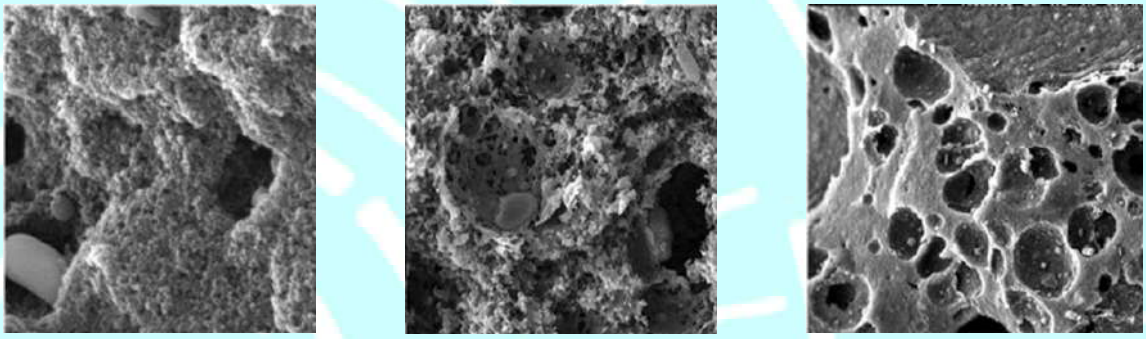
2-rasm. Ikkilamchi xomashyolar asosida termik faollantirib olingan ko‘mir adsorbentlarning rentgenogrammalari: 1) shina qolqidlari; 2) melaminlangan qog‘oz qoldiqlari.

Keltirilgan SEM tasvirlari tahlili shuni ko‘rsatadiki (3-rasm), shina chiqindilari asosida olingan ko‘mirlarning sirt morfologiyasi termik va kimyoviy faollantirish darajasiga bevosita bog‘liq holda sezilarli o‘zgarishlarga uchraydi. Dastlabki past haroratlarda faollantirilgan namuna sirtida nisbatan tekis, zich joylashgan va cheklangan g‘ovaklikka ega struktura kuzatilib, bu bosqichda shina polimer 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 g‘ovaklik darajasining ortishiga olib keladi. Bu esa faollashtirilgan ko‘mirning ichki yuzasi va g‘ovaklararo o‘tkazuvchanligini sezilarli oshiradi.



1) 2) 3)

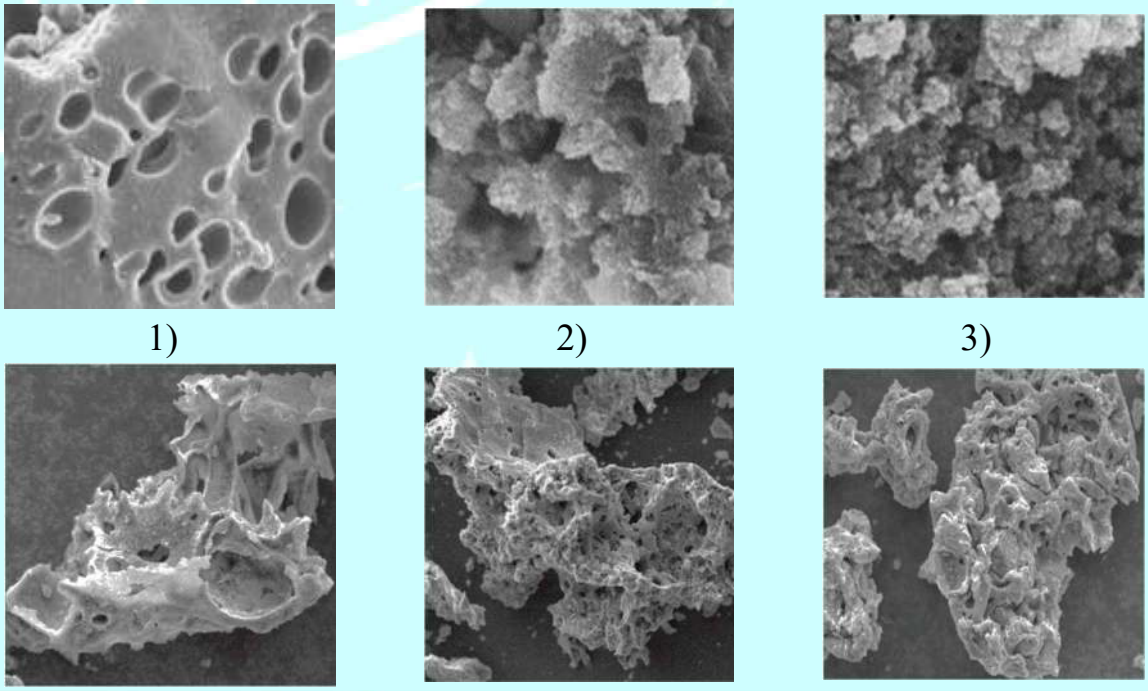
ISSN 3030-3907



4) 5) 6)

3-rasm. Shina qoldiqlari asosida termik va kimyoviy faollashtirib olingan ko‘mir adsorbentlarning mikrotasvirlari: 1) FK-A:400; 2) FK-A:600;3) FK-A:800;4) FK-A:1; 5) FK-A:2; 6) FK-A:3.

Kimyoviy faollantirish jarayonida KOH konsentrasiyasining ortishi (10 %, 20 %, 30 %) sirt tuzilishining yanada faol ochilishi va morfologik notekislikning kuchayishiga olib kelgan. Past konsentrasiyalarda asosan sirtning qisman faollashuvi, mavjud g‘ovaklarning kengayishi kuzatilgan bo‘lsa, yuqori konsentrasiyadagi KOH eritmasi bilan ishlov berilgan namunalar sirtida uglerodli komponentlarning chuqur karbonizatsiyasi va gaz fazasidagi mahsulotlar chiqishi natijasida sirt bo‘ylab yirik yoriqlar, kanallar va o‘zaro bog‘langan mikrog‘ovak–mezog‘ovak tizimlari asosida hosil bo‘lgan mikrog‘ovaklarning mezog‘ovak tizimlariga birikishini, karbonatlashish mahsulotlarining ajralishi va sirtning yanada notekis ko‘rinishga ega bo‘lishi aniqlangan.



1) 2) 3)

4) 5) 6)

4-rasm. Melamin qog‘oz qoldiqlari asosida termik va kimyoviy faollashtirib olingan ko‘mir adsorbentlarning mikrotasvirlari: 1) FK-M:400; 2) FK-M:600;3) FK-M:800;4) FK-M:1; 5) FK-M:2; 6) FK-M:3.

ISSN 3030-3907

Melamin qog‘oz qoldiqlaridan olingan ko‘mir namunalarning SEM tasvirlari termik va kimyoviy faollantirish usullarining 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 bo‘lib, asosan o‘lchami nisbatan yirik 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. SEM tasvirlari asosida kimyoviy faollantirishda qo‘llaniladigan faollashtiruvchi va yuvuvchi reagentlar yuzaning tashqi eroziyasini kuchaytirib, uglerod skeleti tarkibidagi mineral komponentlar va uglerod bilan o‘zaro ta’siri natijasida kaliy metallining interkalyatsiyasi va gaz fazasi mahsulotlari orqali qatlamlararo fazoni kengaytirishi natijasida mikrog‘ovaklikning tez ochilishi va mezog‘ovaklarga tutashishi yoki o‘lchamlarini kattalashishi sodir bo‘lganligini aniqlandi.

XULOSA VA TAKLIFLAR.

Ikkilamchi organik xomashyolardan, xususan avtomashina shinalari va melaminlangan qog‘oz chiqindilaridan olingan uglerodli sorbentlarni ishlab chiqarish va ularning adsorbsion xossalarini tadqiq qilish kimyoviy-texnikaviy hamda ekologik sohalarda dolzarb ilmiy masala sifatida e’tirof etiladi. Ikkitalamchi organik xomashyolardan termik va kimyoviy faollashtirilgan ko‘mirlar yuqori yuza maydoniga ega, turli g‘ovak tuzilishiga va funktsional guruhlari bilan boyitilgan materiallar bo‘lib, og‘ir metallar, toksik birimalar va organik ifloslantiruvchi moddalarni samarali adsorbsiyalash imkoniyatini beradi. Ushbu ilmiy natijalar nafaqat yangi avlod sorbentlar ishlab chiqarish, balki chiqindilarni qayta ishlash va ekologik xavfsizlikni ta’minlash borasida amaliy va nazariy ahamiyatga ega ekanligini ko‘rsatadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI.

1. Mabalane, K., Thabede, P. M., & Shooto, N. D. (2024). Activated Carbon from Paper Waste as Potential Adsorbents for Methylene Blue and Hexavalent Chromium. Applied Sciences, 14(11), 4585. https://doi.org/10.3390/app14114585

2. Zhang, Y., Lin, X., Hu, C., and Yun, H. (2023). Activated carbon from melamine-impregnated paper, BioResources 18(1), 1128-1140. https://doi:10.15376/biores.18.1.1128-1140

3. Nnadozie, E. C., Ogunwa, K. I., Chukwuike, V. I., Nnadozie, O. O., & Ehikhase, C. (2024). Synthesis and Characterization of Carbonaceous Materials for Medical Applications: A Comprehensive Review. BioMed, 4(4), 464-492. https://doi.org/10.3390/biomed4040036

ISSN 3030-3907

4. Bandosz, Teresa & Ania, Conchi. (2006). Chapter 4 Surface chemistry of activated carbons and its characterization. 10.1016/S1573-4285(06)80013-X.
5. Xamzaxo‘jayev, A.A., Payg‘amova, M.I., Ochilov, G‘.M, Payg‘amov, R.A. (2024). Obtaining carbon adsorbents based on secondary raw materials and studying their physical and chemical properties. Scientific journal of the Fergana State University. 29. 10.56292/SJFSU/vol29_iss5/a64.
6. Приходько, Н.Г., Елеуов, М.А., Әбдісаттар, Ә.Ә., Аскарулы, К., Толынбеков, А.Б., Таурбеков, А.Т. (2024). Исследование свойств углеродных материалов, полученных из растительной биомассы методом гидротермальной карбонизации, как исходных прекурсоров для получения графеноподобных структур. Горение и плазмохимия. 22. 13-26. 10.18321/cpc22(1)13-26.
7. Issam Mechnou, Anasse Benabdallah, Az-Iddin Chham, Younes Rachdi, Miloudi Hlaibi, Abdeslam El kartouti, Na’il Saleh, Activated carbons for effective pharmaceutical adsorption: Impact of feedstock origin, activation agents, adsorption conditions, and cost analysis, Results in Engineering, Volume 27, 2025, 105966, ISSN 2590-1230, https://doi.org/10.1016/j.rineng.2025.105966.
8. A.A. Xamzaxo‘jayev, M.I. Payg‘amova Melaminlangan qog‘oz chiqindilarining termik tahlili va ushbu xomashyodan uglerodli adsorbentlar olish imkoniyatlari Development of science Ilmiy jurnali 2025/7 volume 5, 119-125 b.
9. A.A.Xamzaxo‘jayev, R.A.Payg‘amov Melaminlangan qog‘oz chiqindilari asosida olingan uglerodli materiallarning ahamiyati “Ishlab chiqarish korxonalarida innovatsion, resurstejamkor texnika va texnologiyalarni joriy etish hamda atrofmuhitni muhofaza qilishning dolzarb muammolari va yechimlari” mavzusidagi II Xalqaro ilmiy anjuman materiallar to‘plami I qism Farg‘ona 2025-yil 18-19 aprel 161-164 b.