SHOLI PO‘STLOG‘IDAN AMORF KREMNIY DIOKSID OLISH USULLARI BO‘YICHA ADABIYOTLAR TAHLILI VA EKSPERIMENTAL NATIJALAR

Xoshimov Shaxrom Mansurjon o‘g‘li
O‘zRFA Umumiy va noorganik kimyo instituti doktoranti
Email: shaxromxoshimov1989@gmail.com
Niyazova Dilnoza Baxtiyorovna
Toshkent davlat tibbiyot unversiteti assistenti
Email: dbniyazova@gmail.com
Kalbaev Alisher Maksetbay uli
O'zRFA Umumiy va noorganik kimyo instituti tayanch doktoranti
Email: qalbaev.alisher.98@gmail.com
Xaydarov Dilshod Mamarasulovich,
“DM CHEMISTRY SCHOOL” maktabining direktori, kimyo fanlari bo‘yicha (PhD),
Abdikamalova Aziza Baxtiyarona
O‘zR FA Umumiy va noorganik kimyo instituti, b.i.x., t.f.d., prof.
Eshmetov Izzat Do‘simbatovich
O‘zR FA Umumiy va noorganik kimyo instituti, Kolloid kimyo va sanoat ekologiyasi laboratoriyasi mudiri, t.f.d., prof.

Annotatsiya: Ushbu maqola sholi po‘stlog‘idan kremniy dioksid (SiO_2) olish texnologiyalari va ularning fizik-kimyoviy xossalariga bag‘ishlangan adabiyotlar tahlilini hamda mualliflar tomonidan sintez qilingan namunalar (XRD, FTIR, SEM) natijalarining akademik talqini va taqqoslovini taqdim etadi. Ishda sholi po‘stlog‘i va uning kulidan SiO_2 olishning ikki asosiy yondashuvi — kislota bilan oldindan ishlov berish + kalsinatsiya (600–800°C) va kulsimon mahsulotni ishqorda eritish va keyin kislota bilan cho‘ktirish kabilar batafsil yoritilgan.

Kalit so‘zlar: sholi po‘stlog‘i, SiO_2, IQ-spektraskopiya (FTIR), rentgen analiz (XRD), skanerlovchi elektron mikrosko‘piya (SEM).

Abstract: This article presents a literature review on the technologies for obtaining silicon dioxide (SiO_2) from rice husk and their physicochemical properties, as well as an academic interpretation and comparison of the results of synthesized samples (XRD, FTIR, SEM) obtained by the authors. The study describes in detail two main approaches for extracting SiO_2 from rice husk and its ash — acid pretreatment followed by calcination (600–800 °C), and alkali dissolution of the ash product with subsequent acid precipitation.

Keywords: rice husk, SiO_2, FTIR spectroscopy, XRD analysis, scanning electron microscopy (SEM).

Аннотация: В статье представлен обзор литературы по технологиям получения диоксида кремния (SiO_2) из рисовой шелухи и их физико-химическим свойствам, а также академическая интерпретация и сравнение

ISSN 3030-3907

результатов синтезированных образцов (XRD, FTIR, SEM), полученных авторами. В работе подробно рассмотрены два основных подхода к извлечению SiO_2 из рисовой шелухи и её золы — кислотная обработка с последующей кальцинацией (600–800 °C) и щёлочное растворение золы с последующим осаждением кислотой.

Ключевые слова: рисовая шелуха, SiO_2, ИК-спектроскопия (FTIR), рентгеновский анализ (XRD), сканирующая электронная микроскопия (SEM).

1. KIRISH

Dunyoda aholining qariyb yarmi uchun asosiy oziq-ovqat mahsuloti hisoblangan guruch yetmishdan ortiq mamlakatlarda yetishtiriladi. Xitoy, Hindiston va Indoneziya ushbu mahsulotni ishlab chiqaruvchi yetakchi davlatlardir [1]. Sholi po'stog'i, guruch olish jarayonidagi chiqindi mahsuloti bo'lib, guruch yetishtiruvchi ko'plab mamlakatlarda eng keng tarqalgan qishloq xo'jaligi chiqindilaridan biridir. U foydalanishga yaroqli bo'lgan turli xil xususiyatlarga ega xom ashyodir. Uning asosiy tarkibini sellyuloza, gemisellyuloza, lignin va SiO_2 tashkil etadi. Sholi po'stlogi asosan bepul, qishloq xo'jaligining chiqindi mahsuloti bo'lib, uni utilizatsiya qilish utilizatsiya muammosini hal qilishga va chiqindilarni qayta ishlash xarajatlarini kamaytirishga yordam beradi. Sholi po'stlog'i yondirilganda SiO_2 ga boy kul hosil bo'ladi [2]. Sholi po'stlog'ining yoqilishi natijasida hosil bo'ladigan kul tarkibida yuqori miqdorda (odatda 60–95%) SiO_2 mavjud, shuning uchun sholi po'stlog'i sanoat va ilmiy tadqiqotlarda SiO_2 manbai sifatida keng o'rganilmoqda [3,4].

2. ADABIYOTLAR TAHLILI.

Kremniy dioksid (SiO_2) – ko'plab texnologik jarayonlarda va materialshunoslikda muhim rol o'ynovchi anorganik modda bo'lib, u kataliz, adsorbsion materiallar, keramika, elektromexanika va biotibbiyot sohalarida keng qo'llaniladi. An'anaviy manbalar (kvars, qum) energetik jihatdan talabchan bo'lgani uchun, agrochiqindilardan — xususan sholi po'stlog'idan SiO_2 olish ekologik va iqtisodiy jihatdan samaralidir [5,6].

Sholi po'stlog'i lignosellyulozali biomassalarga mansub bo'lib, uning asosiy komponentlari sellyuloza, gemisellyuloza, lignin kabi organik moddalar, ekstraktiv moddalar va kulni o'z ichiga oladi. Kul asosan 87-97% kremniy oksididan iborat bo'lib, u juda g'ovak, yengil va juda yuqori tashqi sirt maydoniga ega, bu uni sanoatda foydalanish uchun qimmatli materialga aylantiradi. K_2O, Al_2O_3, CaO, MgO, Na_2O va Fe_2O_3 guruch qobig'i kulida kamroq konsentratsiyalarda mavjud - asosan 1% dan kam. Guruch po'stlog'ining massa zichligi 96–160 kg/$m^{3,}$ kislorod, azot va oltingugurt mos ravishda 31-37 %, 0,23-0,32 va 0,04-0,08 % ni tashkil qilad. Kul tarkibidagi SiO_2 miqdori va uning amorflik darajasi olinish sharoitlariga bog'liq [6-8].

ISSN 3030-3907

Sholi po’stlog’i kulidan olinadigan SiO_2 ning strukturasi va fizik-kimyoviy xossalari — BET sirt maydoni, g‘ovaklik, zarracha morfologiyasi — uni adsorbentlar, katalizator tashuvchilari va nanokompozitlar sifatida qo‘llash imkonini beradi [9,10].

Adabiyotlarda uchta keng tarqalgan yo‘l ta’riflangan: to‘g‘ridan-to‘g‘ri yoqish, dastlab kislota bilan ishlov berish va keyin yoqish hamda ishqor (NaOH/KOH)lar yordamida SiO_2 ni eritish va mineral kislota (HCl/H_2SO_4)lar bilan qayta cho’ktirish. Har bir olinish usulining asosiy printsipi, afzalliklari va kamchiliklari quyida keltirilgan [3,4,11]. Sholi po’stlog’idan kremniy dioksid sinteziga bir qancha omillar ta'sir qiladi, shu jumladan sholi po’stlog’i zarralari o’lchami, dastlabki ishlov berish shartlari va sholi po’stlog’i xom ashyosini kalsinatsiya qilish sharoitlari. Zarrachalar o’lchami sholi po’stlog’i namunalarining ichki isitish tezligiga va uchuvchi moddalarning chiqish tezligiga ta'sir qiladi. Kichik zarrachalar kislota bilan ishlov berish paytida reaksion tezlikni oshirib, ko‘proq metall qoldiqlarni yuvib tashlashga yordam beradi; shuningdek, Maydalash kremniy tozaligini taxminan 1% ga oshirishi mumkin [12].

Kremniy dioksid olishning eng sodda usullaridan biri bu - to‘g‘ridan-to‘g‘ri yoqish —bo‘lib, xom sholi po‘stlog‘i namunalarini qatiy belgilangan haroratlarda yoqiladi. 500–700°C haroratda amorf SiO_2 hosil bo’ladi; 700°C dan yuqorida esa kristal fazalar (kristobalit, tridimit) hosil bo‘lib, materialning adsorbsion xususiyatlarini o‘zgartiradi [6]. Ushbu usulning afzalligi — texnologik jihatdan sodda va energetik hamda reagentlar ketadigon xarajatlar kamligi; kamchiligi esa SiO_2 hosil bo’lish unumining va tozalik darajasi pastligi hamda ba’zi metallarning saqlanib qolishi [11].

Sholi po‘stlog‘i va sholi po’stlog’i kulini mineral kislota (HCl, H_2SO_4 yoki HNO_3)lar bilan oldindan ishlov berish orqali metall ionlari (Fe, Ca, Mg, K) olib tashlanadi, natijada termik yoqishdan so‘ng oq amorf SiO_2 olish osonlashadi. Kalapathy va b. tomonidan tavsiya qilingan usulda kombinatsiyalangan protsesslarda yuqori tozalikka erishishni ko‘rsatdi [3,13].

Sholi po‘stlog‘i va sholi po’stlog’i kuli tarkibidagi Si ni kuchli ishqor (NaOH yoki KOH)lar natriy yoki kaliy silikat shaklida eritadi; keyinchalik bu eritma kislota bilan neytrallanganda amorf SiO_2 sol yoki gel shaklida cho‘kadi. Ushbu usul orqali olingan namunalarda zarracha o‘lchami va g‘ovaklikni kimyoviy sharoitlar (konsentratsiya, harorat, pH) yordamida nazorat qilish mumkin [4,14].

Turli sharoitlarda sholi po’stlog’idan olinadigan kremniy dioksidning xususiyatlariga oid turli adabiyotlardan olingan ma'lumotlar 1-jadvalda keltirilgan.

ISSN 3030-3907

1-jadval.

Sholi po'stlog'idan olinadigan kremniy dioksidining turli xil sintez usullari va ularning xossalari

Sholi po'stlog'idan SiO_2 sintezi				
Ishlov berish usuli	**Reaktiv**	**Jarayon holati**	**SiO_2 xossalari**	**havolalar**
Kislota bilan oldindan ishlov berish va kuydirish	15% H_2SO_4, 100°C, 6 soat	5 daqiqa davomida 600°C haroratda.	235-250 m^2/g sirt maydoni, 99,9% sof kremniy dioksid	[15]
Kislota bilan oldindan ishlov berish va kuydirish	15% H_2SO_4, 100°C, 6 soat	600-650°C	>99% toza kremniy dioksid	[16]
Kislota bilan oldindan ishlov berish va kuydirish	0,5 HCl, 60°C, 30 min	2 soat davomida 600°C	99% toza kremniy dioksid	[17]
Kislota bilan oldindan ishlov berish va kuydirish	0,5 n H_2SO_4, 60 C, 30 min	2 soat davomida 600°C	99% toza kremniy dioksid	[17]
Kislota bilan oldindan ishlov berish va kuydirish	72% kons. H_2SO_4	800°C, 48 soat davomida	99,6% toza kremniy dioksid	[18]
Kislota bilan oldindan ishlov berish va kuydirish	HCl	550°C	Siloksan va silanol funktsional guruhi, 93,08%. toza kremniy	[19]
Ishqorda eritish va kislota bilan cho'ktirish	1 n NaOH, 1 n HCl	6 soat 5°C/min isitish tezligi uchun 600-700°C	90-98% toza kremniy dioksid	[20]
Ishqorda eritish va kislota bilan cho'ktirish	1 n NaOH, 1 n HCl	90°C, 1 soat, pH ~7	200–250 m^2/g sirt maydoni, Oq amorf SiO_2, 85–90% tozalik	[3]

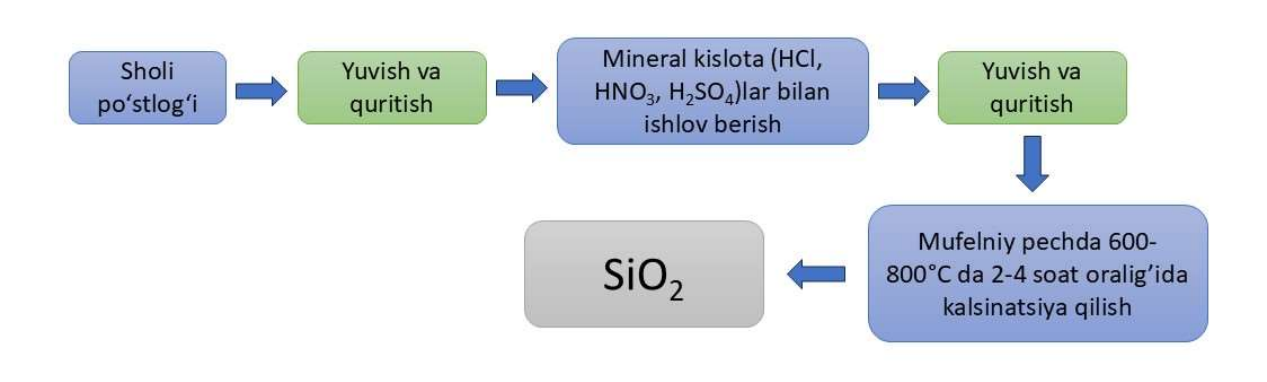
ISSN 3030-3907

Sholi po'stlog'idan SiO_2 sintezi				
Ishlov berish usuli	**Reaktiv**	**Jarayon holati**	**SiO_2 xossalari**	**havolalar**
Ishqorda eritish va kislota bilan cho'ktirish	2.5 n NaOH →1 n H_2SO_4	100°C, 2 soat qaynatish (hajm o'zgarmagan)	260 m^2/g sirt maydoni, 92–95% nano-amorf, yaxshi morfologiya	[4]
Ishqorda eritish va kislota bilan cho'ktirish	1M NaOH, 1M HCl (pH 7)	100°C, 3 soat qaynatish (hajm o'zgarmagan)	210–240 m^2/g sirt maydoni, 90–93% yuqori sof nano-SiO_2	[21]
Ishqorda eritish va kislota bilan cho'ktirish	1 n NaOH, 1 n HCl	80–100°C, 2 soat qizdirish	180–220 m^2/g sirt maydoni, 85–88% adsorbsiya uchun mos SiO_2	[22]
Ishqorda eritish va kislota bilan cho'ktirish	NaOH 1–2M → HCl (pH 7)	90°C, 1–2 soat qizdirish	~300 m^2/g sirt maydoni, 95–97% optimallashtirish yuqori samaradorlik bergan	[14]

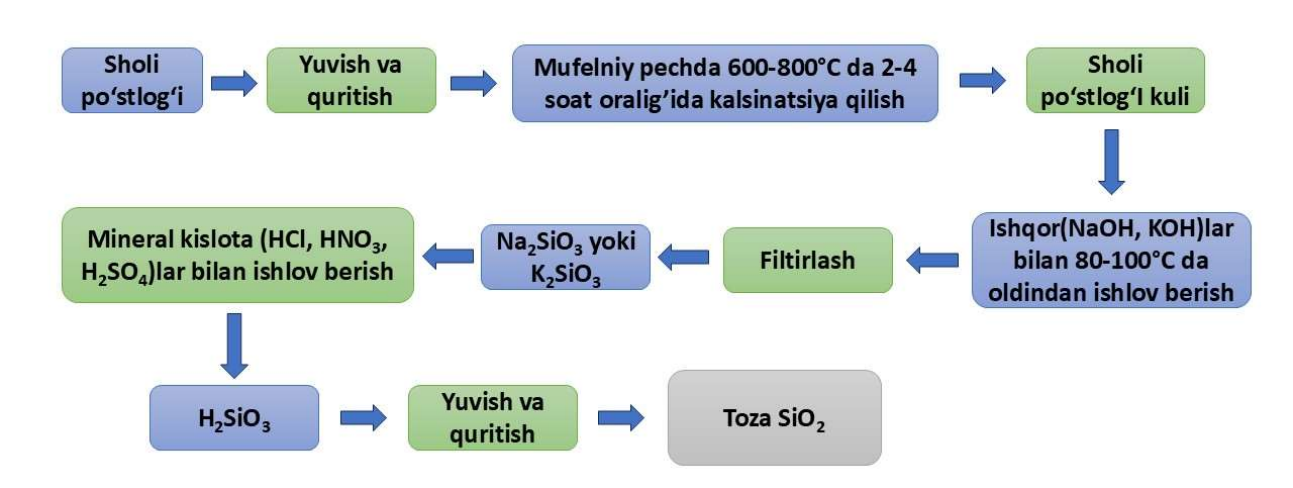
3. TADQIQOT METODOLOGIYASI

Sholi po'stlog'idan SiO_2 olishda adabiyotlarda asosan 2 xil metoddan foydalaniladi. 1-Sholi po'stlog'ini dastlab turli hil haroratlarda va kislota (HCl, HNO_3, H_2SO_4) lar bilan oldindan ishlov berish hamda 600-800°C haroratlar oralig'ida kuydirib 85-99.9% gacha toza SiO_2 olish. 2-Sholi po'stlog'ini dastlab 600-800°C oralig'ida kuydirish orqali sholi po'stlog'i kulini ajratib olish va olingan kulni ishqor (NaOH, KOH va h.) larning 1-3 M li eritmalari bilan 80-100°C haroratlar oralig'ida oldindan ishlov berish orqali kul tarkibidagi SiO_2 ni eritib olish hamda kislotalar yoramida qayta cho'ktirish orqali toza holda SiO_2 ajratib olish mumkinligi ko'rsatiladi 1 va 2-rasm.

ISSN 3030-3907



1-rasm. Kislotalar bilan oldindan ishlov berish va 600-800°C oralig’ida kalsinatsiya qilish orqali SiO_2 ajratib olish

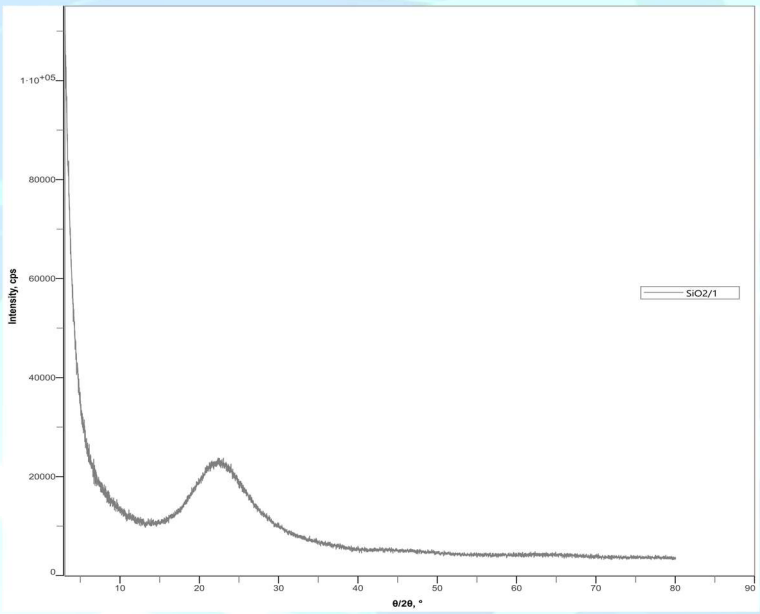


2-rasm. Ishqorlar bilan oldindan ishlov berish orqali SiO_2 ajratib olish.

4. NATIJALAR VA MUHOKAMALAR.

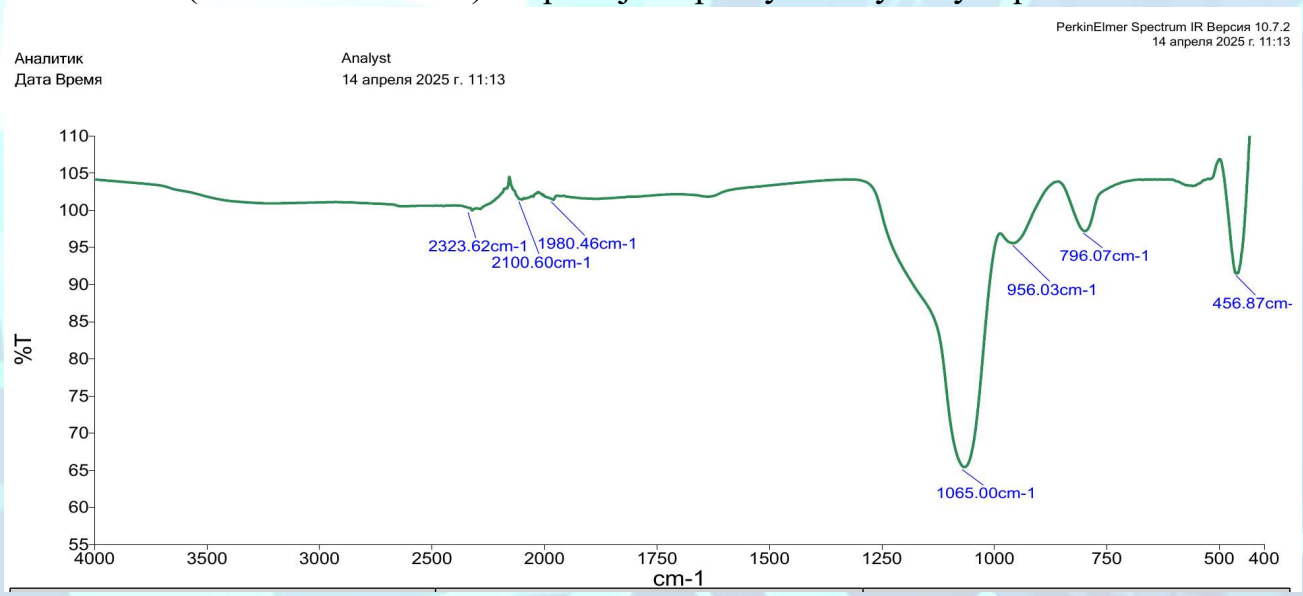
Eksperimental natijalar va ularning tahlili. Xar ikki usulda olingan SiO_2 ning fizik kimyoviy tahlillari o’tkazildi. Kimyoviy funksional guruhlarni tahlil qilish uchun infraqizil spektroskopiya (IQ-spektrlar) qo‘llanildi. Spektrlar Shimadzu IRTracer-100 spektrometri yordamida 400–4000 sm^{-1} diapazonda qayd etildi. Rentgen-fazaviy tahlil (XRD) yuqori aniqlikka ega Empyrean PANalytical (Boston, AQSh) difraktometri yordamida amalga oshirildi. Qurilma 0,0001° aniqlikdagi skanerlash qobiliyatiga va 0,0002° dan kam burchak takrorlanish aniqligiga ega. Mikroskopik tasvirlar JSM-210 elektron mikroskopida (Jeol) olindi. Morfologik va lokal element tarkibini o‘rganish maqsadida namunalar JEOL JSM-6610LV mikroskopiga joylashtirilib, unga ulangan Oxford Instruments INCAx-akt rentgen energiya-dispersiv spektrometr (EDS) tizimi orqali qo‘shimcha kimyoviy tahlillar amalga oshirildi. Namunalarning sirt morfologiyasi ikkilamchi elektronlar rejimida, 20 kV tezlashtiruvchi kuchlanishda tadqiq qilindi.

ISSN 3030-3907



Rasm 3. Sholi po‘stlog‘idan sintez qilingan SiO_2 namunasi rentgen difraktogrammasi.

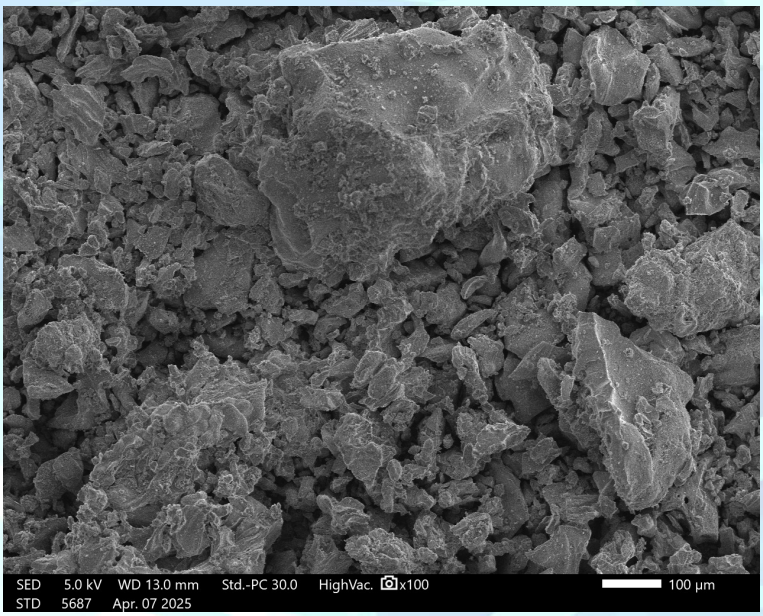
3-rasmdagi difraktogrammada keng amorf halqa kuzatildi, bu amorf holatdagi SiO_2 mavjudligini ko‘rsatadi. O'tkir kristall cho'qqilari sezilmagan, ya'ni namunada kristal SiO_2 (kristobalit/tridimit) miqdori juda past yoki deyarli yo’q.



Rasm 4. Olingan SiO_2 ning IQ-spektraskopik tahlili

SiO_2 namunasining IQ-spektrosko’pik tahlilida spektrdagi asosiy cho‘qqilar: ~1065 cm^{-1} Si–O–Si ning cho‘zilish tebranishi, ~956 cm^{-1} silanol –Si–OH guruhlarini, ~796 cm^{-1} va ~456 cm^{-1} Si–O larning egilish tebranishlarini ifodalaydi. Spektrda 2323 cm^{-1}, 1980–2100 cm^{-1} kabi chiziqlar havodagi CO_2 bo‘lishi mumkin. Ushbu FTIR dagi asosiy cho’qqilar namunada kremniy dioksid asosiy funksional guruhlarining mavjudligi isbotlaydi.

ISSN 3030-3907



Rasm 5. Olingan SiO_2 namunasining SEM tasviri.

SEM tasvirlari bizga kremniy dioksidning sirt morfologiyasi xaqida ma'lumot beradi. Tasvirdan SiO_2 ning turli o'lchamdagi zarrachalarini iboratligi. Zarrachalar asosan nano- va submikron o'lchamdagi fragmentlardan tashkil topgani ko'rinadi.

5. XULOSA VA TAKLIFLAR

Sholi po'stlog'i va uning kuli — arzon va ommaviy manba bo'lib, undan yuqori sifatli amorf SiO_2 olish imkoniyati mavjud. Asosiy ikki usul — kislota bilan oldindan ishlov berish + kalsinatsiya va ishqor bilan eritish + kislota bilan cho'ktirish. Kalsinatsiya harorati amorf yoki kristallik fazani belgilaydi; juda yuqori harorat kristallanishga olib keladi. FTIR, XRD va SEM tahlillari materialning amorf tuzilishi, Si–O/Si–OH guruhlari va morfologiyasini tasdiqlaydi. BET tahlili orqali sirt maydoni va g'ovak tuzilmasi baholanadi, bu adsorbent xususiyatiga to'g'ridan-to'g'ri ta'sir ko'rsatadi. Amorf SiO_2 suvni tozalash, katalizator tashuvchisi va kompozit materiallar uchun istiqbolli material ekanligini isbotlaydi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Abraham, A., Mathew, A. K., Sindhu, R., Pandey, A., Binod, P. Potential of rice straw for bio-refining: an overview //Bioresource technology. – 2016. – T. 215. – C. 29-36.
2. Bhattacharyya S. C. Viability of off-grid electricity supply using rice husk: A case study from South Asia //Biomass and bioenergy. – 2014. – T. 68. – C. 44-54.
3. Kalapathy U., Proctor A., Shultz J. (2000). A simple method for production of pure silica from rice hull ash. Bioresource Technology, 73(3), 257-262.
4. Liou T.-H. (2004). Preparation and characterization of nano-structured silica from rice husk. Materials Science and Engineering A, 364, 313-323.
5. Ioannidou O., Zabaniotou A. (2007). Agricultural residues as precursors for activated carbon production—A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 11(9), 1966–2005.

ISSN 3030-3907

6. Della V.P., Kühn I., Hotza D. (2002). Rice husk ash as an alternate source for active silica production. Materials Letters, 57, 818-821.
7. P.U. Nzereogu, A.D. Omah, F.I. Ezema, E.I. Iwuoha, A.C. Nwanya, Silica extraction from rice husk: Comprehensive review and applications, Hybrid Advances, Volume 4, 2023.
8. Asadullah M. Barriers of commercial power generation using biomass gasification gas: A review //Renewable and sustainable energy reviews. – 2014. – T. 29. – C. 201-215.
9. Mahajan D., et al. (2017). Rice husk silica as adsorbent for heavy metal removal: a review. Environmental Technology Reviews.
10. Green and Facile Synthesis of Porous SiO2@C Adsorbents from Rice Husk' (2023).
11. Kamath S.R., Proctor A. (1998). Silica gel from rice hull ash: Preparation and characterization. Cereal Chemistry, 75(4), 484-487.
12. Gu. S., Zhou. J., Luo. Z., Wang. Q., Shi. Z. Kinetic study on the preparation of silica from rice husk under various pretreatments //Journal of Thermal Analysis and Calorimetry. – 2015. – T. 119. – №. 3. – C. 2159-2169.
13. Mahmud K., et al. (2020). High purity amorphous silica from rice husk: Extraction and characterization. Journal of Materials Research and Technology, 9(3).
14. Kumar A., et al. (2019). Alkali extraction and precipitation of silica from rice husk ash: process optimization. Chemical Engineering Journal.
15. Hrydnieva, T. V., Sknar, Y. E., Sknar, I. V., Riabik, P. V., & Demchyshyna, O. V. Characteristics of silicon dioxide produced from rice husk //Journal of Chemistry and Technologies. – 2022. – T. 30. – №. 1. – C. 103-109.
16. Sknar, Y. E., Hrydnieva, T. V., Liashenko, A. O., Riabik, P. V., Sknar, I. V., & Hrydniev, Y. A. Study of the kinetics of thermal decomposition of rice HUSK, purified from cellulose //Journal of chemistry and technologies. – 2021. – T. 29. – №. 1. – C. 128-136.
17. Bakar R. A., Yahya R., Gan S. N. Production of high purity amorphous silica from rice husk //Procedia chemistry. – 2016. – T. 19. – C. 189-195.
18. Lee, J. H., Kwon, J. H., Lee, J. W., Lee, H. S., Chang, J. H., & Sang, B. I. Preparation of high purity silica originated from rice husks by chemically removing metallic impurities //Journal of Industrial and Engineering Chemistry. – 2017. – T. 50. – C. 79-85.
19. Patil R., Dongre R., Meshram J. Guruch qobig'idan kremniy kukunini tayyorlash // Amaliy kimyo jurnali. – 2014. – T. 27. – S. 26-29. Nayak P. P., Datta A.

ISSN 3030-3907

20. K. Synthesis of SiO_2-nanoparticles from rice husk ash and its comparison with commercial amorphous silica through material characterization //Silicon. – 2021. – T. 13. – №. 4. – C. 1209-1214.
21. Yuvakkumar R., et al. Studies on high purity nano silica via NaOH purification methods (various journals).
22. Mahajan D., et al. (2017). Rice husk silica as adsorbent for heavy metal removal: a review. Environmental Technology Reviews.

ISSN 3030-3907