

SAPONINLAR ASOSIDA OLINGAN MEZOGOVIK SiO₂ NING ADSORBSION XOSSALARI

Ulug`boyeva Gulbahor Olimjon qizi

(Sharof Rashidov nomidagi Samarqand davlat universiteti tayanch doktoranti)

Fazliyeva Nigina Tojikulovna

(Sharof Rashidov nomidagi Samarqand davlat universiteti dotsenti)

E-mail: gulbahorulugboyeva95@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0005-0631-7468>

<https://doi.org/10.5281/zenodo.18987185>

Annotatsiya. Tadqiqot jarayonida mezog‘ovak SiO₂ materiali zol-gel usuli asosida sintez qilindi. Sintez sharoitlari — pH muhiti, harorat, reaksiya vaqti hamda saponin konsentratsiyasi — optimallashtirildi. Olingan materiallarning fizik-kimyoviy va strukturaviy xossalari zamonaviy tahlil usullari yordamida o‘rganildi. Jumladan, sirt maydoni va g‘ovak parametrlarini aniqlash uchun Brunauer–Emmett–Teller (BET) usuli, tuzilmani baholash uchun rentgen difraksiyasi (XRD), morfologiyasini aniqlash uchun skanerlovchi elektron mikroskopiya (SEM) va uzatuvchi elektron mikroskopiya (TEM) usullaridan foydalanildi. Natijalarga ko‘ra, mezog‘ovak SiO₂ ning solishtirma sirt maydoni 801 m²/g ni, umumiy g‘ovak hajmi = 0,00105 sm³/g ni, o‘rtacha g‘ovak diametri esa 2 nm ni tashkil etdi. Bu ko‘rsatkichlar materialning yuqori disperslikka va adsorbsion xossaga ega ekanligini tasdiqlaydi.

Kalit so‘zlar: Saponinlar, mezog‘ovak SiO₂, yashil sintez, adsorbsiya, BET sirt maydoni, ekologik materiallar.

Аннотация. В ходе исследования мезопористый материал SiO₂ был синтезирован методом золь-гель. Условия синтеза — pH среды, температура, время реакции и концентрация сапонины — были оптимизированы. Физико-химические и структурные свойства полученных материалов изучены с использованием современных методов анализа. В частности, для определения удельной поверхности и параметров пор применялся метод Брунауэра–Эмметта–Теллера (BET), для оценки структуры — рентгеновская дифракция (XRD), для изучения морфологии — сканирующая электронная микроскопия (SEM) и просвечивающая электронная микроскопия (TEM). Согласно полученным результатам, удельная поверхность мезопористого SiO₂ составила 801 м²/г, общий объём пор — 0,00105 см³/г, а средний диаметр пор — 2 нм. Эти показатели подтверждают высокую дисперсность материала и хорошо развитую внутреннюю структуру.

Ключевые слова: Сапонины, мезопористый SiO₂, зелёный синтез, адсорбция, удельная поверхность по БЭТ, экологические материалы.

Abstract. During the study, mesoporous SiO₂ material was synthesized using the sol-gel method. The synthesis conditions — pH of the medium, temperature, reaction time, and saponin concentration — were optimized. The physicochemical and structural properties of the obtained materials were investigated using modern analytical techniques. In particular, the Brunauer–Emmett–Teller (BET) method was applied to determine the specific surface area and pore parameters, X-ray diffraction (XRD) was used to evaluate the structure, while scanning electron microscopy (SEM) and transmission electron microscopy (TEM) were employed to examine the morphology. According to the results, the specific surface area of the mesoporous SiO₂ was 801 m²/g, the total pore volume was 0.00105 cm³/g, and the average pore diameter was 2 nm. These indicators confirm the high dispersity of the material and its well-developed internal structure.

Keywords: Saponins, mesoporous SiO₂, green synthesis, adsorption, BET surface area, environmentally friendly materials..

Kirish

Bugungi kunda atrof-muhitning ifloslanishi, xususan, suv resurslari va atmosferadagi toksik moddalar miqdorining ortishi global ekologik muammolardan biri sifatida keng e‘tirof etilmoqda. Suv va havo tarkibidagi og‘ir metall ionlari, organik bo‘yoqlar, fenol birikmalari va boshqa toksik polutantlar inson salomatligi va ekotizimlar uchun jiddiy xavf tug‘diradi. Ushbu ekologik muammolarni samarali hal etishda yuqori samarali adsorbent materiallarning yaratilishi va

“Ilmiy tadqiqotlarni amaliyotga joriy qilishning muammo va yechimlari” mavzusidagi onlayn xalqaro ilmiy-amaliy anjuman materiallar to‘plami. NamDU - 2026-yil 20-21-fevral

qo‘llanilishi muhim ilmiy-amaliy ahamiyatga ega.[1-4] Shu nuqtayi nazardan, mezog‘ovak tuzilishga ega noorganik materiallar, xususan, kremniy(IV) oksidi (SiO_2) asosidagi adsorbentlar alohida e‘tiborga loyiqdir. Mezog‘ovak SiO_2 yuqori sirt maydoni ($500\text{--}1000 \text{ m}^2/\text{g}$ gacha), tartibli g‘ovak kanallari, keng kimyoviy inertlik va yuqori termik barqarorlik bilan ajralib turadi, bu esa uni turli toksik moddalarni selektiv ushlab qolish va katalitik jarayonlarda qo‘llash uchun ideal materialga aylantiradi.[5,6]

An‘anaviy sintez usullarida ko‘pincha sintetik sirt-faol moddalar — masalan, cetiltrimetilammoniy bromid (CTAB), polietilen glikol-b-poli(propilen glikol)-b-poli(etilen glikol) (P123, F127) kabi surfaktantlar — ishlatiladi. Biroq, bu moddalar ekologik xavfsizlik, biologik moslik va iqtisodiy samaradorlik jihatidan muayyan cheklovlarga ega. Shu sababli, so‘nggi yillarda “yashil kimyo” konsepsiyasi asosida tabiiy sirt-faol moddalar va biopolimerlardan foydalanish orqali mezog‘ovak materiallar sintez qilish tadqiqotlari jadal rivojlanmoqda.[7,8]

Saponinlar — o‘simliklardan olinadigan tabiiy glikozidlar bo‘lib, ularning amfifil tuzilishi misella hosil qilish va silikat skeletini tartibli shakllantirishga imkon beradi. Saponinlar o‘zining misella tizimi hosil qilish qobiliyati tufayli silikat ionlarini tartibli ravishda joylashtira oladi, bu esa yuqori dispers va gomogen mezog‘ovak tuzilma hosil bo‘lishini ta‘minlaydi. Ilmiy manbalar shuni ko‘rsatadiki, saponinlar asosida sintez qilingan mezog‘ovak SiO_2 og‘ir metall ionlari (Pb^{2+} , Hg^{2+} , Cd^{2+}) va organik bo‘yoqlarga (metilen ko‘k, metil apelsin) nisbatan yuqori adsorbsion sig‘imga ega bo‘lib, bu uning ekologik material sifatida amaliy qo‘llanilish imkoniyatlarini kengaytiradi. Shunday qilib, saponinlar yordamida mezog‘ovak kremniy(IV) oksidi materiallarini sintez qilish zamonaviy materialshunoslik, ekologiya va nanotexnologiya yo‘nalishlarida dolzarb ilmiy masalalardan biri bo‘lib, tabiiy shablonlar asosida funksional materiallar yaratishning samarali va ekologik xavfsiz usuli sifatida ilmiy jamoatchilik tomonidan alohida e‘tibor qaratilmoqda. [9,10]

Tajriba usullari va materiallar

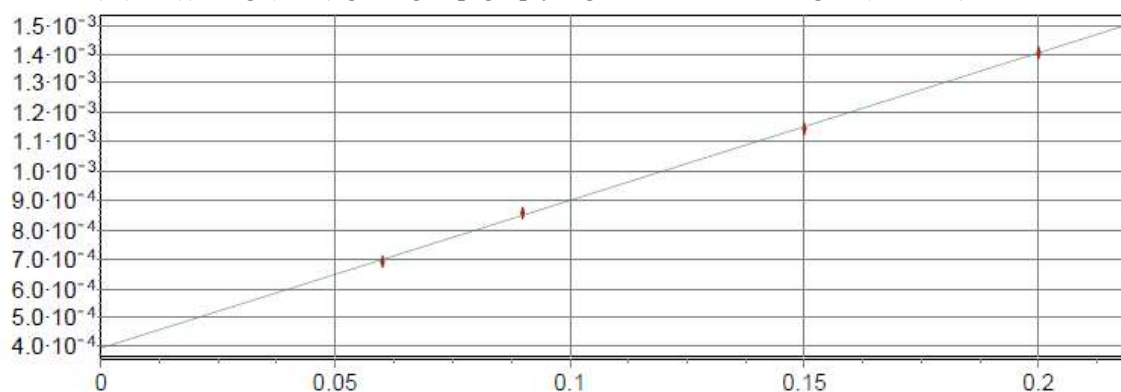
Mezog‘ovak SiO_2 namunalarini sintez qilish zol-gel usuli orqali amalga oshirildi. Sirtfaol modda sifatida suvda eruvchan tabiiy saponinlar ishlatildi, kremniy manbai sifatida esa tetraetilortosilikat (TEOS) tanlandi.

Sintez jarayoni quyidagi bosqichlarni o‘z ichiga oldi:

- saponinning ma‘lum konsentratsiyadagi eritmasini tayyorlash;
- TEOS ning gidrolizi va kondensatsiyasi;
- gel hosil bo‘lishi va quritish jarayoni;
- quritish va kalsinatsiya orqali saponinlarni olib tashlash

Olingan natijalar va ularning muhokamasi

Mezog‘ovak SiO_2 ni XRD tahlili kichik burchakli difraksion maksimumlarni ko‘rsatib, mezog‘ovak strukturaning mavjudligini tasdiqladi. BET natijalariga ko‘ra, olingan mezog‘ovak SiO_2 ning sirt maydoni $800 \text{ m}^2/\text{g}$ bo‘ldi, bu esa uning yuqori adsorbsion imkoniyatlarini ko‘rsatadi. BET konstantasida ($P(P_0-P)$) ning (V/m) ga bog‘liqligi quyidagi rasimda ko‘rsatilgan.(1-rasim)

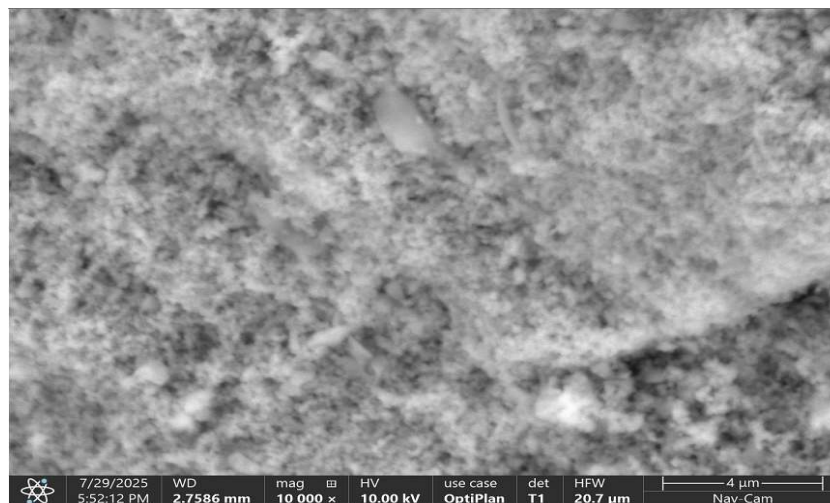


1-rasim. $P(P_0-P)$ ning (V/m) ga bog‘liqlik grafiqi

Berilgan ma‘lumotdan ko‘rinib turibdiki BET konstantasida to‘g‘ri chiziq qiyaligini hisoblab toppish orqali mezog‘ovak SiO_2 ning g‘ovak hajmi $=0,00105 \text{ m}^3/\text{g}$, o‘rtacha teshik deametri esa 2 nm ga tengligini ko‘rish mumkin. Adsorbsion tadqiqotlar metilen ko‘k va Cu^{2+} ionlari misolida amalga oshirildi. pH ning oshishi bilan adsorbsion sig‘im ortgani aniqlandi. Izoterma modellaridan Langmyur va Freundlich tenglamalari qo‘llanildi va Langmyur modeli ustun kelishi monoqavatli adsorbsiya jarayonini ko‘rsatdi. Kinetik tahlillar psevdolikkinchi tartibli modelga mos kelib, kimyoviy adsorbsiya mexanizmi ustun ekanligini ko‘rsatdi.

“Ilmiy tadqiqotlarni amaliyotga joriy qilishning muammo va yechimlari” mavzusidagi onlayn xalqaro ilmiy-amaliy anjuman materiallar to‘plami. NamDU - 2026-yil 20-21-fevral

Adsorbsion jarayonda mezog‘ovak SiO₂ ning katta sirt maydoni va saponin qoldiqlariga tegishli funksional guruhlar (–OH, –COOH) muhim rol o‘ynaydi. Elektrostatik tortishish, bog‘lari va Van-der-Vaals kuchlari adsorbatlarning g‘ovak ichida mustahkam bog‘lanishiga olib keladi. Mezog‘ovak SiO₂ ni sirtida g‘ovaklar taqsimlanishini SEM yordamida olingan tasvirlarda ko‘rish mumkin.(2-rasim)



2-rasim: Mezog‘ovak SiO₂ ning SEM da olingan tasvir

Bunda SEM yordamida olingan tasvirda mezog‘ovak SiO₂ ning tabiiy sirtfaol modalardan foydalanib olingan silkogelning sirt maydoni tartiblangan g‘ovaklardan iboratligi, g‘ovaklarni o‘lchamlari birxilligi, monoqavat sig‘imli ekanligini ko‘rish mumkin. Olingan natijalar shuni ko‘rsatadiki, saponinlar asosida sintez qilingan mezog‘ovak SiO₂ materiallari ekologiya (suv va chiqindi gazlarni tozalash), kataliz (katalitik tashuvchi sifatida) hamda nanotexnologiya sohalarida keng qo‘llanilish imkoniyatiga ega. Bundan tashqari, katalizator tashuvchilar, dori yetkazib berish tizimlari va biosensorlar yaratishda ham istiqbolli hisoblanadi Ushbu tadqiqot tabiiy shablonlardan foydalanish orqali samarali va ekologik xavfsiz funksional materiallar yaratish yo‘lida muhim ilmiy-amaliy ahamiyat kasb etadi.

Xulosa

Tadqiqot natijalarida adsorbsion xossalarni aniqlashda qo‘llanilgan Brunauer–Emmett–Teller (BET) tenglamasi asosida hisoblangan solishtirma sirt maydoni yuqori qiymatlarni namoyon etdi, bu esa materialning intensiv adsorbsion jarayonlarni amalga oshirish qobiliyatini tasdiqlaydi. BET izotermalari mezog‘ovak tuzilishga xos bo‘lgan IV-tip izotermaga mos kelishi, g‘ovaklarning bir xil taqsimlanganligi va hajm jihatdan barqarorligini ko‘rsatdi. G‘ovak diametrining mezoskala diapazonida joylashgani esa moddaning molekulyar darajadagi diffuziya jarayonlarini samarali amalga oshirish imkonini beradi.

Materialning morfologik tuzilishi skanerlovchi elektron mikroskopiya (SEM) tasvirlari orqali o‘rganildi. SEM natijalari zarrachalarning bir xil o‘lcham va shaklga ega ekanligini, ularning agregatsiyalanish darajasi pastligini hamda yuzasining rivojlangan va tartibli mezog‘ovak strukturaga ega ekanligini ko‘rsatdi. Bu esa adsorbsion jarayonlar uchun faol markazlar sonining ko‘pligini ta‘minlaydi.

Saponinlar asosida olingan mezog‘ovak SiO₂ ning yuqori solishtirma sirt maydoni, optimal g‘ovak hajmi va rivojlangan morfologik tuzilishi uning adsorbent sifatida yuqori samaradorlikka ega ekanligini ko‘rsatadi. Olingan natijalar ushbu materialni suv va gaz muhitlaridan zararli moddalarning adsorbsiyasi, katalitik jarayonlar, dori tashuvchi tizimlar hamda boshqa zamonaviy texnologik yo‘nalishlarda qo‘llash istiqbollari mavjudligini ilmiy asosda tasdiqlaydi

Adabiyotlar

1. McCullen, S. B., Vartuli, J. C., Kresge, C. T., Roth, W. J., Beck, J. S., Schmitt, K. D., ... & Lutner, J. D. A new family of mesoporous molecular sieves //Access in Nanoporous Materials. – Boston, MA : Springer US, 2002. – C. 1-11.
2. Zhao, D., Feng, J., Huo, Q., Melosh, N., Fredrickson, G. H., Chmelka, B. F., & Stucky, G. D. Triblock copolymer syntheses of mesoporous silica with periodic 50 to 300 angstrom pores //science. – 1998. – T. 279. – №. 5350. – C. 548-552.

“Ilmiy tadqiqotlarni amaliyotga joriy qilishning muammo va yechimlari” mavzusidagi onlayn xalqaro ilmiy-amaliy anjuman materiallar to‘plami. NamDU - 2026-yil 20-21-fevral

3. Langmuir I. The adsorption of gases on plane surfaces of glass, mica and platinum //Journal of the American Chemical society. – 1918. – T. 40. – №. 9. – C. 1361-1403.
4. Ho Y. S., McKay G. Pseudo-second order model for sorption processes //Process biochemistry. – 1999. – T. 34. – №. 5. – C. 451-465.
5. Jovita, S., Holilah, H., Khairunisa, N. N., Bahruji, H., Nugraha, R. E., Sholeha, N. A., Prasetyoko, D. Mesoporous silica catalyst using Sapindus rarak extract as template for deoxygenation of waste cooking oil to biofuels //Case Studies in Chemical and Environmental Engineering. – 2024. – T. 10. – C. 100935.
6. Ulugboyeva, G., Fazlieva, N., Mukhamadiev, N., Fayziyeva, G. SYNTHESIS AND STUDY OF TEXTURE AND SORPTION CHARACTERISTICS OF MESAPOROUS SILICA GEL MODIFIED BY NANOMAGNETIC MATERIAL Fe₃O₄ //2025 yil 1-son (149/2). – 2025. – T. 1. – №. 167. – C. 5-9.
7. Ulugboyeva, G., Kuliboyeva, N., Uzokov, J., Fazliyeva, N., Mukhamadiev, N. REMOVAL OF HEAVY METAL CATIONS USING MESOPOROUS SILICAGEL MODIFIED WITH L-CYSTEINE //Issue 3 of 2025 (151/2). – 2025. – T. 3. – №. 174. – C. 5-10.
8. Ulugboyeva, G., Uzokov, J., Mukhamadiev, N., Norboev, H. Synthesis and texture characteristics of mesoporous silica //AIP Conference Proceedings. – AIP Publishing LLC, 2024. – T. 3244. – №. 1. – C. 050023.
9. Croizet-Berger, K., Delmeule, M., Estager, J., Mannu, N., Kartheuser, B. Mesoporous silicas and method for the synthesis thereof : пат. 11427476 США. – 2022.
10. Kresge, A. C., Leonowicz, M. E., Roth, W. J., Vartuli, J. C., Beck, J. S. Ordered mesoporous molecular sieves synthesized by a liquid-crystal template mechanism //nature. – 1992. – T. 359. – №. 6397. – C. 710-712.