

**FIZIK KIMYOVIY TAHLIL USULLARI ASOSINDA NAMLIKNI
ADSORTSIYA QILISH UCHUN SINTEZLANGAN SILIKA GELINING
XARAKTERISTIKALARI**

Tursunov S.A. *T ermiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti “
Kimyo muhandisligi ” kafedrası tayanch doktoranti .*

sarvarbektursunov3226@mail.ru

Xodjamqulov SZ . *T ermiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti “
Kimyo muhandisligi ” kafedrası doktori .*

Karimov MU *Toshkent kimyo texnologiyalari ilmiy-tadqiqot instituti . Texnika
fanlari doktor , professor,*

masudkarimov27@gmail.com

ANNOTATSIYA

Ushbu maqola suyuq shisha (Na_2SiO_3) va sulfat kislota (H_2SO_4) asosidagi sol-gel usuli yordamida laboratoriya sharoitida silika gelining sintezi, shuningdek, uning fizik-kimyoviy xususiyatlarini har tomonlama o'rganish haqida bo'lib, sintez jarayoni material xususiyatlariga ta'sirini baholash uchun turli rejimlarda gel hosil bo'lishi, qarish, yuvish va nazorat ostida quritishni o'z ichiga oladi.

Olingan namunalarning issiqlik xususiyati va barqarorligi DTA–TGA usullari yordamida tahlil qilindi. Natijalar shuni ko'rsatdiki, 40–150 °C harorat oralig'ida massa yo'qotilishi fizik adsorbsiyalangan suvning olib tashlanishiga to'g'ri keladi. 2.2 Y namunasi yuqori namlik adsorbsiyasi qobiliyatini (14.49%) va rivojlangan g'ovakli tuzilishni namoyish etdi, 2.1 Y namunasi esa strukturaviy bog'langan gidroksil guruhlari mavjudligi sababli yuqori issiqlik barqarorligini namoyish etdi.

BET tahlili shuni ko'rsatdiki, sintezlangan silika gelining o'ziga xos sirt maydoni 203,7 m²/g va umumiy g'ovak hajmi 0,21 sm³/g ni tashkil qiladi. G'ovak o'lchamlarining taqsimoti asosan 1,7–2,0 nm oralig'ida bo'lib, bu mezoporal tuzilishni ko'rsatadi. Bundan tashqari, mikrog'ovaklarning mavjudligi t -usuli va HK tahlili bilan tasdiqlandi, bu esa adsorbsiya xususiyatlarining yaxshilanishiga hissa qo'shdi.

Olingan natijalar shuni ko'rsatadiki, sintezlangan silika geli yaxshi rivojlangan g'ovakli tuzilishga ega va turli sanoat jarayonlarida adsorbent va qurituvchi material sifatida samarali qo'llanilishi mumkin.

KALIT SO'ZLAR:

Silika geli; Sol-gel sintezi; BET tahlili; Mezoporoz struktura; Adsorbsiya; DTA–TGA; G'ovakli materiallar; Quritgich

Kirish .

Silikagel - bu sol-gel usuli bilan olingan yuqori darajada g'ovakli amorf kremniy dioksidi bo'lib, u fizik adsorbsiya orqali namlikni yutadi. Bu turli sohalarda namlikni nazorat qilish uchun keng qo'llaniladigan barqaror, yangilanadigan va samarali qurituvchi materialdir.[1]

Silikagel A, B va C guruhlariga bo'linadi. A turi asosan gazlarni quritish va mahsulotlarni namlikdan himoya qilish uchun ishlatiladi. B turi suyuqliklarni adsorblash, namlikni nazorat qilish va katalizator tashuvchisi sifatida ishlatiladi. C turi sanoat gazlarini quritish, moyni tozalash, farmatsevtika jarayonlari va boshqa texnologik jarayonlarda keng qo'llaniladi [2].

Silika gel turlari aminlar bilan modifikatsiyalanganda, ularning CO₂ ga nisbatan sorbsiya qobiliyati oshadi. Hidroksietil karbamat bilan modifikatsiyalangan silika gellari aminokislotalarning mavjudligi tufayli CO₂ sorbsiyasini sezilarli darajada oshiradi. 30% HEC da optimal modifikatsiya sorbsiya qobiliyatini ikki baravar oshiradi, bu yuqori samaradorlik va barqarorlikni namoyish etadi, bu esa bu sorbentlarni CO₂ ni ushlash uchun istiqbolli qiladi [3].

Nanokremniy qo'shilishi putzolanik reaksiyalarni kuchaytirish va C-S-H gel hosil bo'lishini oshirish orqali betonning mustahkamligi va chidamliligini sezilarli darajada oshiradi. Optimal nanokremniy miqdori mexanik ish faoliyatini yaxshilaydi, shu bilan birga tsement sarfini kamaytiradi, bu esa uning ilg'or beton qo'llanilishi uchun kuchli salohiyatini namoyish etadi [4].

Sol-gel usullari SBA-15 kabi gibrid va mezoporoz materiallarni tayyorlashda muhim ahamiyatga ega. Bunday materiallar yuqori sirt maydoni va funksionalizatsiya salohiyati tufayli adsorbsiya va atrof-muhit qo'llanilishi uchun istiqbolli hisoblanadi. Biroq, ularni sintez qilish uchun oddiy va arzon laboratoriya protokollarini ishlab chiqish dolzarb muammo hisoblanadi [5].

Siklotidlarni ajratish uchun silika geli-C18 dan foydalangan holda mikrofluidik HPLC-mimik tizimi muvaffaqiyatli qo'llanildi. Ushbu usul siklotidlarni tez, arzon va samarali ajratish imkonini beradi, bu esa dori vositalarini kashf etishda katta salohiyatni namoyish etadi [6].

Silika geli (SiO₂) sorbent, quritgich va katalizator tayanchi sifatida keng qo'llaniladi. Rossiyada unga talab yuqori va mahalliy ishlab chiqarish yetarli emas, shuning uchun u ko'p miqdorda import qilinadi. Shuning uchun mahalliy xom ashyo asosida yuqori sifatli silika geli ishlab chiqarishni rivojlantirish muhimdir [7].

Eksperimental qism.

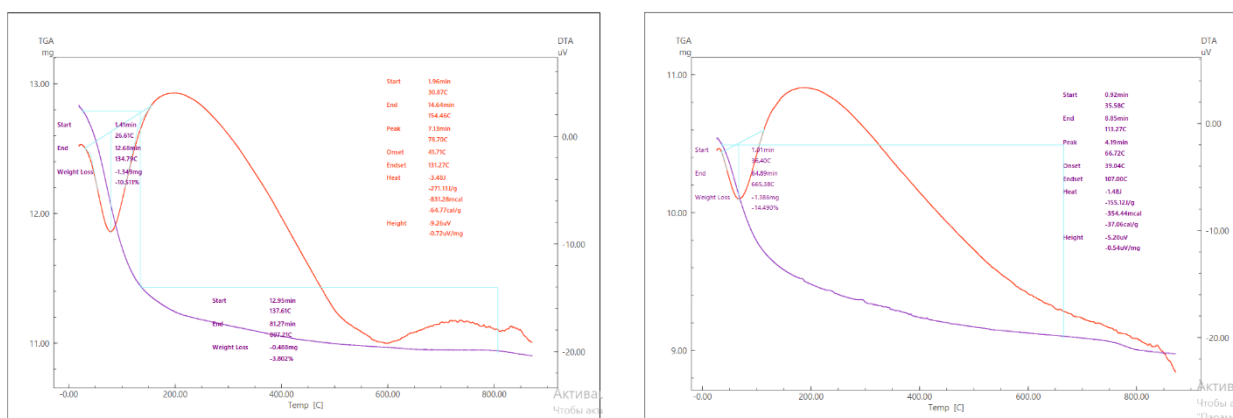
Laboratoriya sharoitida suyuq shisha va sulfat kislotaning o'zaro ta'siri natijasida jellanish kuzatildi va hosil bo'lgan gel ma'lum vaqtdan keyin yuvilib quritildi.

Bu holda, natriy silikat va suv 1:4, 1:6 nisbatda eritildi va tizim doimiy ravishda aralashtirildi. Keyin, unga suyultirilgan sulfat kislota eritmasi tomchilab asta-sekin qo'shildi, kuchsiz kislotali muhit hosil bo'lguncha. Gel hosil bo'lgandan so'ng, aralashtirish to'xtatildi va gel 12-24 soat dam olishga qoldirildi. Vaqt tugagandan so'ng, tizimda hosil bo'lgan natriy sulfat tuzini olib tashlash uchun gel bir necha marta yuvildi va filtrlandi. Olingan gel 180-200 ° C haroratda 2 soat davomida suvsizlantirildi.

Quritish jarayoni .

Namunalar 2.1 Y va 2.2 Y deb belgilandi. Quritish jarayonida ikkala namuna ham turli usullar bilan quritildi. Quritish uchun ikkala namunaning harorati 180-200 ° C gacha ko'tarildi va 2.1 Y namunasi shu haroratda 2 soat davomida ushlab turildi va keyin sekin sovutildi. 2.2 Y namunasi shu haroratda 180-200 ° C da 2 soat davomida ushlab turildi va keyin to'satdan sovutildi va olingan namunalar sinov uchun yuborildi.

Olingan namunalarni DTA–TGA tahlili orqali tekshirganimizda, quyidagi natijalar olindi.



1-rasm. Silika geli namunasi uchun TGA–DTA natijalari (2.1 Y va 2.2 Y).

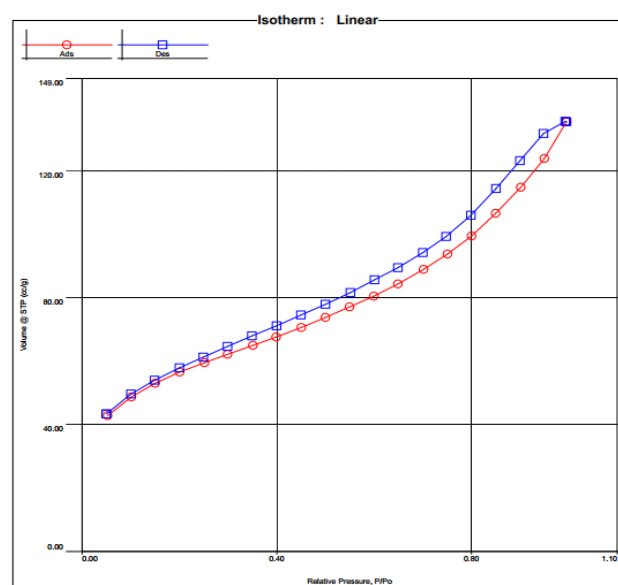
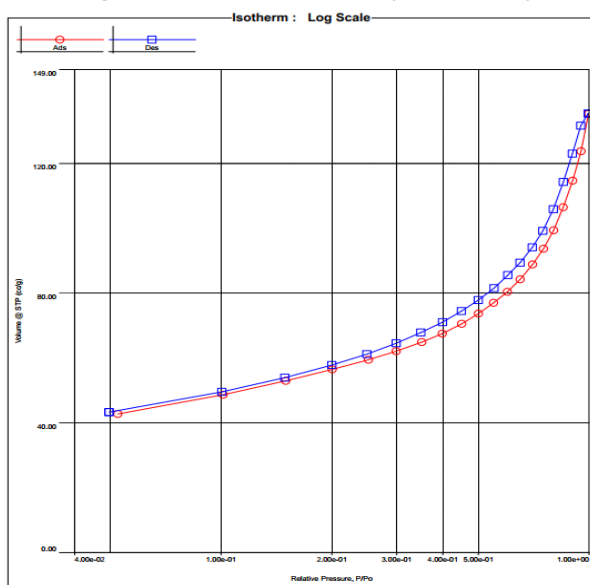
Sintezlangan silika geli namunalarning TGA-DTA tahlili shuni ko'rsatdiki, 40–150 °C oralig'ida massa yo'qotilishi adsorblangan suvning ajralib chiqishi bilan bog'liq. 2.2 Y namunasi yuqori namlikni yutish qobiliyatiga (14.49%) ega edi va rivojlangan g'ovakli tuzilishga ega edi. 2.1 Y namunasida qo'shimcha bosqichda strukturaviy gidroksil guruhlarining parchalanishi kuzatildi, bu uning yuqori issiqlik barqarorligini ko'rsatdi. Olingan natijalar silika gellarining adsorbentlar sifatida yuqori samaradorligini tasdiqlaydi.

1-jadval. Namunalarning qiyosiy tahlili

Parametr	2.2 Y	2.1 Y
Namlik yo'qotish	Yuqori (14.49%)	O'rtacha (10,5%)
Cho'qqi harorat	66,7 °C	78,7 °C
Strukturaviy barqarorlik	Pastroq	Yuqori

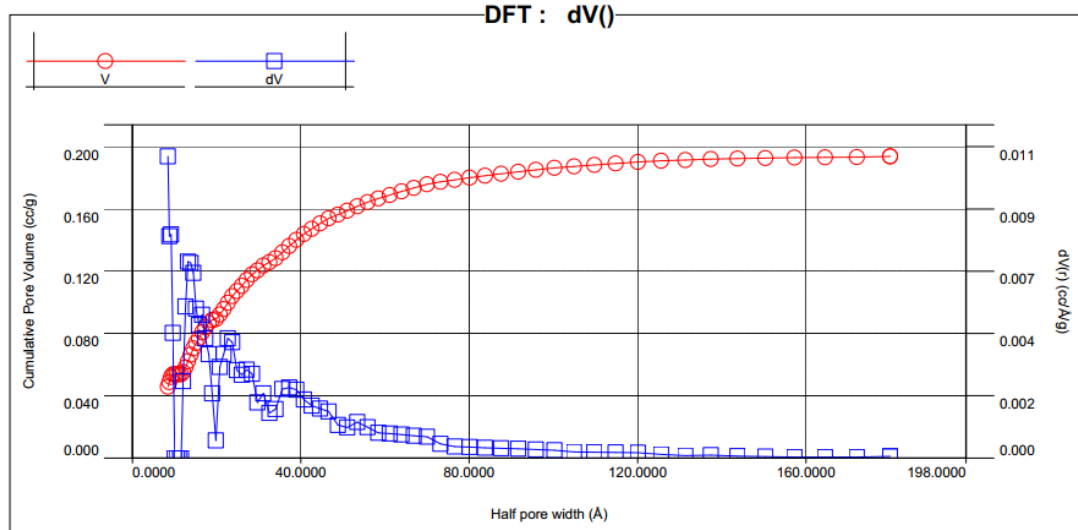
G'ovaklik	Juda yaxshi	Yaxshi
Adsorbsiya sig'im	Juda yuqori	Yuqori

Sintezlangan silika geli namunasining BET tahlil natijalari quyidagicha. BET tahlili natijalariga ko'ra, sintezlangan silika geli namunasining solishtirma sirt maydoni 203,7 m²/g ni tashkil etadi, bu uning yaxshi rivojlangan g'ovak tuzilishini ko'rsatadi. Umumiy g'ovak hajmi 0,21 sm³/g ni tashkil qiladi. G'ovak o'lchamlari asosan 1,7–2,0 nm oralig'ida bo'lib, bu materialning mezog'ovak tuzilishga ega ekanligini ko'rsatadi. t-usuli va HK usullari natijalariga ko'ra, namunada mikrog'ovaklar ham mavjud bo'lib, bu uning adsorbsion xususiyatlarini yanada oshiradi.



a) b)

DFT : dV()



c)

2-rasm. a), b) va c) - Sintezlangan silika gelining BET tahlil natijalari.

BET va g'ovak tuzilishi tahlili klassik BET nazariyasi va IUPAC tavsiyalariga [8–10] muvofiq amalga oshirildi va g'ovak materiallar uchun zamonaviy yondashuvlar yordamida talqin qilindi [11–13].

XULOSA .

Ushbu tadqiqotda silika geli nazorat ostida laboratoriya sharoitida natriy silikat va sulfat kislota yordamida sol-gel usuli orqali muvaffaqiyatli sintez qilindi. Quritish rejimlarining materialning strukturaviy va adsorbsion xususiyatlariga ta'siri aniq ko'rsatildi.

Termik tahlil sintezlangan namunalarda odatiy suvsizlanish xususiyatiga ega ekanligini, past haroratlarda fizik adsorbsiyalangan suv olib tashlanishini tasdiqladi. Namunalarni taqqoslash shuni ko'rsatdiki, tez sovutish g'ovaklik va adsorbsiya qobiliyatini oshiradi, sekin sovutish esa termal barqarorlikni yaxshilaydi.

mezoporalar va mikroporalar bilan yaxshi rivojlangan g'ovak tuzilishga ega . 1,7–2,0 nm oralig'idagi dominant g'ovak o'lchami materialning mezoporal xususiyatini tasdiqlaydi, bu esa adsorbsiya qo'llanilishi uchun qulaydir.

Umuman olganda, sintezlangan silika geli gazni quritish, namlikni nazorat qilish va atrof-muhitni muhofaza qilishda samarali adsorbent sifatida foydalanish uchun istiqbolli xususiyatlarni namoyish etadi. Keyingi modifikatsiya (masalan, amin funksionalizatsiyasi) uning selektiv gaz adsorbsiyasi, xususan, CO₂ ni ushlash samaradorligini sezilarli darajada oshirishi mumkin.

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati.

1. https://www.streampeakgroup.com/silica-gels-structure-and-its-desiccant-properties/?utm_source
2. <https://www.adsorbentechs.com/post/farq-o'rtasidagi-turi-a-turi-b-va-turi-c-silika-gel-quritgich>
3. Geldiev , YA, To'raev , K.K., Qosimov , SA va boshqalar . 2-gidroksietilkarbamat bilan modifikatsiyalangan kremniy geli orqali karbonat angidridning sorbsiyani o'rganish . *Shisha Fizika Kimyo* **49** , 186–192 (2023).
<https://doi.org/10.1134/S1087659622601149>
4. Samatha , B. va boshqalar. (2024). Nano silika geli bilan nano silika asosidagi betonning eksperimental tadqiqoti . In: Saavedra Flores, EI, Astroza , R., Das, R. (tahr.) Materiallarning mexanik xatti-harakatlari bo'yicha so'nggi yutuqlar. ICM 2023. Qurilish muhandisligi bo'yicha ma'ruza matnlari, 462- jild . Springer, Cham.
https://doi.org/10.1007/978-3-031-53375-4_21
5. Penelas , MJ, Gomes, O., Gonsales , R. va boshqalar . Gibrid SBA-15 mezopozozli kremniyni tayyorlash va tavsiflash : Universitet kurslarida nanomateriallar bilan tajriba o'tkazish uchun oddiy , mustahkam va ko'p qirrali sol-gel

- belgilarii . *J Sol-Gel Ilmiy Texnologiya* **116** , 2480–2493 (2025).
<https://doi.org/10.1007/s10971-025-06973-5>
6. Ibrohimi , A., Didarian , R., Ghorbanpur , X. va boshqalar . Siklotidlarni ajratish uchun silika gel-C18 kanallari bilan yuqori o'qituvchilikdagi mikrofluidik chip. *Anal bioanal Kimyo* **415** , 6873–6883 (2023). <https://doi.org/10.1007/s00216-023-04966-3>
 7. Mamontov , GV, Evdokimova , EV, Savel'eva , AS va boshqalar . Silika geli sorbent va katalizator sifatda : texnologiyalarni takomillashtirish va muqobil ishlab chiqarish yo'llarini izlash . *Katal . Ind.* **15** , 221–228 (2023).
<https://doi.org/10.1134/S2070050423030054>
 8. Brunauer , S., Emmett, PH, Teller, E. Gazlarning ko'p molekulyar qatlamlarda adsorbsiyasi. *J. Am. Chem. Soc.* **60**, 309–319 (1938).
<https://doi.org/10.1021/ja01269a023>
 9. Sing, KSW, Everett, DH, Haul, RAW va boshqalar . Gaz/qattiq tizimlar uchun fizisorbsiya ma'lumotlarini sirt maydoni va g'ovaklilikni aniqlashga alohida e'tibor qaratgan holda hisobot qilish. *Pure Appl. Chem.* **57**, 603–619 (1985).
<https://doi.org/10.1351/pac198557040603>
 10. Tommes , M., Kaneko, K., Neimark , AV va boshqalar . Gazlarning fizisorbsiyasi , ayniqsa sirt maydoni va g'ovak o'lchamlari taqsimotini baholashga e'tibor qaratgan holda (IUPAC Texnik hisoboti). *Pure Appl. Chem.* **87**, 1051–1069 (2015). <https://doi.org/10.1515/pac-2014-1117>
 11. Rouquerol , J., Rouquerol , F., Llewellyn, P., Maurin , G., Sing, KSW. Kukunlar va g'ovakli qattiq moddalar bilan adsorbsiya: tamoyillar, metodologiya va qo'llanilishlar. Academic Press, Oxford (2014). <https://doi.org/10.1016/C2010-0-66337-3>
 12. Gregg, SJ, Sing, KSW. Adsorbsiya, sirt maydoni va g'ovaklilik. Academic Press, London (1982).
 13. Schüth , F., Sing, KSW, Weitkamp , J. G'ovakli qattiq moddalar qo'llanmasi. Wiley -VCH, Weinheim (2002).
 14. Rice Husk Ash as a Renewable Source for the Production of Value Added Silica Gel and its Application: An Overview Ram Prasad * , and Monika Pandey Department of Chemical Engineering & Technology, Banaras Hindu University, Varanasi 221005, India https://eprints.undip.ac.id/35715/1/bcrec_v7n1_y2012_1216_p1-25.pdf
 15. J. Feng, Z. Li, X. Liu et al., Preparation of silica gel from quartz for direct synthesis of alkoxysilanes, *Silicon*, **17** (2025) 1767–1775.
 16. I.N. Pyagay, Y.A. Svakhina, M.E. Titova et al., Effect of hydrogel molar composition on the synthesis of LTA-type zeolites in the utilization of technogenic silica gel, *Silicon*, **16** (2024) 4811–4819.

17. I. Hraiech, B. Zallama, S. Belkhiria et al., Experimental description of adsorption and desorption isotherms of silica gel under variable temperature and relative humidity in a fixed bed reactor, Sci. Rep., 15 (2025) 29041
18. T.M. Daget, B.B. Kassie, M.T. Abate et al., Eco-friendly flame-retardant finishing of polyester fabrics using diammonium hydrogen phosphate, gelatin and silica gel for cultural heritage preservation, J. Sol-Gel Sci. Technol., 114 (2025) 1095–1108.