UDK: 661.183.6:549.67

NAVBAHOR BENTONITIDAN MEZOG‘OVAKLI SEOLIT SINTEZI VA UNING STRUKTURA-TEKSTURA XOSSALARI

Tuychiyeva Musharrafxon Omonxo‘ja qizi
Samarqand davlat tibbiyot universiteti pediatriya fakulteti talabasi
Esanov Umid Nomurod o‘g‘li
Samarqand davlat tibbiyot universiteti pediatriya fakulteti talabasi
Mamadoliyev Ikromjon Ilhomidinovich,
Toshkent kimyo xalqaro universiteti Samarqand filiali,
Tibbiy fundamental fanlar kafedrasi mudiri, PhD
Karjavov Abdixakim Raxmonovich
Samarqand davlat tibbiyot universiteti assistenti
Samarkand, Uzbekistan
https://orcid.org/0000-0002-0156-9608

Annotatsiya. Maqolada Navbahor ishqoriy bentonitidan kislotali faollashtirish va gidrotermal sintez yo‘li bilan mezog‘ovakli seolit (MS) olish hamda uning kimyoviy, fazaviy va tekstura xossalarini o‘rganish natijalari keltirilgan. 2,0 M H_2SO_4 bilan ishlov berish SiO_2 miqdorini 57,91 % dan 70,17 % gacha oshirdi, Al_2O_3 miqdorini esa 13,69 % dan 9,49 % gacha kamaytirdi; SiO_2/Al_2O_3 mol nisbati taxminan 7,2 dan 12,6 gacha ortdi. Azotning past haroratli adsorbsiya-desorbsiya izotermalari IV turga mansub, g‘ovaklarning asosiy qismi 1,8–7,2 nm oralig‘ida joylashgan. Faollashtirishning maqbul sharoiti aniqlandi: 400°C, qizdirish tezligi 2°/min, 1,5 soat, yuvuvchi azotda 1 hajm % CO_2. Olingan MS ning namlik bo‘yicha sig‘imi 500 mg/g ga yetib, sanoat NaA seolitiga yaqinlashdi.

Kalit so‘zlar: bentonit, montmorillonit, mezog‘ovakli seolit, kislotali faollashtirish, gidrotermal sintez, BET, BJH, namlik sig‘imi.

СИНТЕЗ МЕЗОПОРИСТОГО ЦЕОЛИТА ИЗ НАВБАХОРСКОГО БЕНТОНИТА И ЕГО СТРУКТУРНО-ТЕКСТУРНЫЕ СВОЙСТВА

Туйчиева Мушаррафхон Омонхужа кизи
Студентка педиатрического факультета Самаркандского государственного медицинского университета
Эсанов Умид Номурод угли
Студентка педиатрического факультета Самаркандского государственного медицинского университета
Мамадолиев Икромжон Илхомидинович,
Заведующий кафедрой фундаментальных медицинских наук Самаркандского филиала Международного университета Химии в городе Ташкенте, доцент,
Самарканд, Узбекистан
Каржавову Абдихакиму Рахмоновичу
Ассистент Самаркандского государственного медицинского университета
Самарканд, Узбекистан
https://orcid.org/0000-0002-0156-9608

Аннотация. Синтез мезопористого цеолита из Навбахорского бентонита и его структурно-текстурные свойства. В статье приведены результаты получения мезопористого цеолита (МЦ) из Навбахорского щелочного бентонита методами кислотной активации и гидротермального синтеза, а также исследования его химического, фазового состава и текстурных свойств. Обработка 2,0 М H_2SO_4 повысила содержание SiO_2 с 57,91 до 70,17 % и снизила содержание Al_2O_3 с 13,69 до 9,49 %; мольное отношение SiO_2/Al_2O_3 возросло примерно с 7,2 до 12,6. Изотермы низкотемпературной адсорбции-десорбции азота относятся к IV типу, основная доля пор находится в интервале 1,8–7,2 нм. Определены оптимальные условия активации: 400°C, скорость нагрева 2°/мин, 1,5 ч, 1 об. % CO_2 в продувочном азоте. Влагоёмкость полученного МЦ достигает 500 мг/г и приближается к промышленному цеолиту NaA.

Ключевые слова: бентонит, монтмориллонит, мезопористый цеолит, кислотная активация, гидротермальный синтез, BET, BJH, влагоёмкость.

SYNTHESIS OF MESOPOROUS ZEOLITE FROM NAVBAHOR BENTONITE AND ITS STRUCTURAL-TEXTURAL PROPERTIES

Tuychieva Musharrafkhon Omonkhodzha kizi
Student of the Faculty of Pediatrics at Samarkand State Medical University
Esanov Umid Nomurod ugli
Student of the Faculty of Pediatrics at Samarkand State Medical University
Mamadoliyev Ikromjon Ilkhomidinovich
Associate Professor, Head of the Department of Fundamental Medical Sciences
Samarkand Branch of Kimyo International University in Tashkent,
Samarkand, Uzbekistan
Karjavov Abdikhakim Rakhmonovich
Assistant at Samarkand State Medical University
Samarkand, Uzbekistan
https://orcid.org/0000-0002-0156-9608

Abstract. Synthesis of a mesoporous zeolite from Navbahor bentonite and its structural and textural properties. The paper reports the preparation of a mesoporous zeolite (MZ) from Navbahor alkaline bentonite by acid activation and hydrothermal synthesis, and the study of its chemical and phase composition and textural properties. Treatment with 2.0 M H_2SO_4 raised the SiO_2 content from 57.91 to 70.17 wt % and lowered Al_2O_3 from 13.69 to 9.49 wt %; the SiO_2/Al_2O_3 molar ratio increased from about 7.2 to 12.6. Low-temperature nitrogen adsorption–desorption isotherms are of type IV, with most pores in the 1.8–7.2 nm range. Optimal activation conditions were found: 400°C, heating rate 2°/min, 1.5 h and 1 vol % CO_2 in the purge nitrogen. The water capacity of the MZ reaches 500 mg/g, close to that of commercial NaA zeolite.

Keywords: bentonite, montmorillonite, mesoporous zeolite, acid activation, hydrothermal synthesis, BET, BJH, water capacity.

Kirish

Seolitlar yuqori solishtirma sirt-yuzasi, tanlab ta’sir etuvchanligi, termik va kislotabardoshligi tufayli kimyo, neft-gaz va ekologiya sohalarida eng ko‘p ishlatiladigan adsorbent va katalizatorlardan hisoblanadi [1, 2]. Ularning kristall panjarasi kremniy-kislorodli va alyuminiy-kislorodli tetraedrlardan tashkil topgan bo‘lib, molekulyar

o‘lchamdagi kanal va bo‘shliqlar tizimini hosil qiladi. Shu tuzilish seolitlarga molekulyar elak, ion almashinuvchi va katalitik faol material xossalarini beradi [3].

Sintetik seolitlarni ishlab chiqarish nisbatan qimmat reagentlar (suyuq shisha, natriy alyuminat, organik templatlar) va ko‘p bosqichli texnologiyani talab qiladi. Shu sababli seolitlar ishlab chiqarishdagi asosiy muammo -ularning tannarxini pasaytirish va sintez texnologiyasini soddalashtirishdir. Bu muammoni hal qilishning istiqbolli yo‘li mahalliy tabiiy alyumosilikatlarni, birinchi navbatda bentonit va kaolin gillarini, seolit sintezi uchun kremniy va alyuminiy manbai sifatida qo‘llashdir [2, 4].

Bentonitning asosiy minerali montmorillonit $Al_2[Si_4O_{10}](OH)_2 \cdot nH_2O$ bo‘lib, u ikki tetraedrik va bitta oktaedrik qatlamdan iborat 2:1 tipidagi qatlamli silikatdir [5, 6]. Qatlamlardagi izomorf almashinishlar 0,2–0,5 eB manfiy zaryad hosil qiladi; u qatlamlararo Na^+, Ca^{2+}, Mg^{2+} kationlari bilan kompensatsiyalanadi va bentonitning yuqori adsorbsion, ion almashinish va bo‘kish xossalarini belgilaydi. Kislotali ishlov berish oktaedrik qatlamdan Al^{3+}, Fe^{3+}, Mg^{2+} ionlarini qisman chiqarib, amorf kremnezyom miqdorini oshiradi, solishtirma sirt va g‘ovaklikni o‘zgartiradi [7, 8]. Kislotali faollashtirilgan va modifikatsiyalangan gillar katalizator, adsorbent va katalizator tashuvchisi sifatida keng o‘rganilmoqda [9–11].

Mezog‘ovakli materiallar (g‘ovak diametri 2–50 nm) mikrog‘ovakli seolitlardan farqli ravishda yirik molekulalarning diffuziyasini yengillashtiradi va faol komponentlarni sirtda bir tekis taqsimlash imkonini beradi [11, 12]. Shuning uchun bentonit asosida mezog‘ovakli seolit olish, uning tuzilishini va tekstura xossalarini boshqarish hamda sanoat seolitlari bilan solishtirish amaliy ahamiyatga ega. O‘zbekistonda bentonit zaxiralari katta bo‘lib, ulardan biri Navbahor bentonit konidir. Bentonit va seolitlarning kislotali faollashtirilishi va sorbsion xossalari xorijiy [8, 12, 13], MDH (A.M. Koganovskiy, N.N. Kruglitskiy, V.Yu. Tretinnik) va respublikamiz olimlari (E.A. Aripov, S.Z. Muminov, N.I. Fayzullayev va boshqalar) tomonidan o‘rganilgan. Ammo Navbahor bentoniti asosida mezog‘ovakli seolit olish sharoitlari va uning tekstura xossalari yetarlicha o‘rganilmagan.

Tadqiqotning maqsadi -Navbahor bentonitidan kislotali faollashtirish va gidrotermal sintez yo‘li bilan mezog‘ovakli seolit olish, uning kimyoviy, fazaviy va tekstura xossalarini aniqlash hamda faollashtirish sharoitini maqbullashtirishdan iborat. Maqsadga erishish uchun quyidagi vazifalar qo‘yildi:

1. Navbahor bentonitidan kislotali faollashtirish va gidrotermal sintez usullarida mezog‘ovakli seolit olish.
2. Olingan MS ning kimyoviy va fazaviy tarkibini, morfologiyasi va termik barqarorligini aniqlash.
3. MS ning tekstura xarakteristikalarini (solishtirma sirt, g‘ovaklar hajmi va o‘lchami bo‘yicha taqsimlanishi) o‘rganish.
4. MS ni faollashtirish sharoitini ko‘p faktorli eksperiment rejasi asosida maqbullashtirish.
5. MS ning namlik bo‘yicha adsorbsion sig‘imini sanoat seolitlari bilan solishtirish.

Tajriba qismi

Xomashyo va kislotali faollashtirish

Tadqiqot ob’yekti sifatida boyitilgan Navbahor ishqoriy bentoniti olindi. Uning kimyoviy tarkibi 1-jadvalda keltirilgan. 30 g bentonit 300 ml distillangan suvda suspenziya holiga keltirildi va 1 sutka xona haroratida tindirildi. Gil fraksiyasi 8000

ayl/min da 5 min davomida sentrifugalab ajratildi, 12 soat havoda va 70°C da 6 soat quritildi.

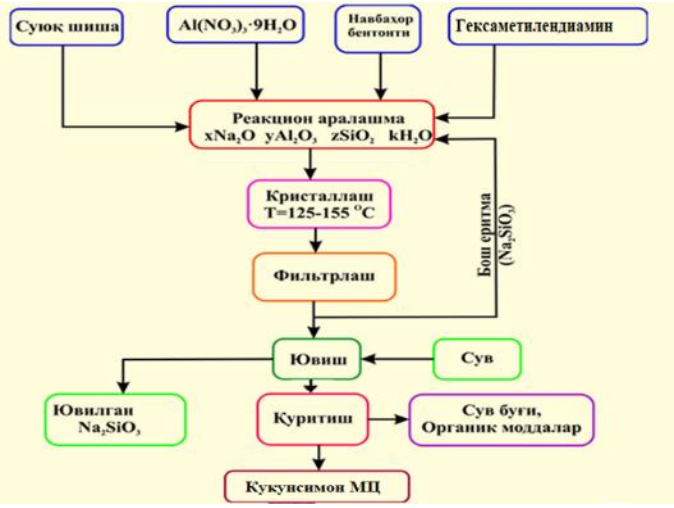
Faollashtirishdan oldin bentonit 0,08 mm o‘lchamgacha maydalandi va 120°C da 5 soat quritildi. Kislotali faollashtirish 2,0 M H_2SO_4 eritmasi bilan 80–90°C da 2 soat davomida olib borildi. So‘ngra namuna Byuxner voronkasida filtrlandi, pH = 5,4–5,7 ga yetguncha distillangan suv bilan yuvildi va 65°C da 12 soat quritildi. Taqqoslash uchun 1,5 M HNO_3, 1 % li HCl, 10–25 % li H_2SO_4 va Na_2CO_3 bilan ishlov berilgan namunalar ham tayyorlandi.

1-jadval. Navbahor bentoniti va uning asosida olingan MSning kimyoviy tarkibi, massa %

Namuna	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	P_2O_5	SO_3
Tabiiy ishqoriy bentonit	57,91	0,35	13,69	5,10	1,84	0,48	1,53	1,75	0,43	0,75
Kislotali faollashtirilgan namuna (MS)	70,17	1,63	9,49	1,39	0,64	0,20	0,17	1,27	0,01	—

Mezog‘ovakli seolitning gidrotermal sintezi

Reaksion aralashma suyuq shisha (29 % SiO_2, 9 % Na_2O, 62 % H_2O), $Al(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$, templat sifatida geksametilendiamin va spirtli fraksiyadan tez aralashtirib tayyorlandi. pH qiymati 0,1 N HNO_3 bilan nazorat qilindi. Aralashmaga faollashtirilgan Navbahor bentoniti qo‘shilib, kristallanish zanglamaydigan po‘lat avtoklavda 125–155°C da olib borildi. Qattiq faza filtrlandi, 120°C da 12 soat quritildi va templatni yo‘qotish uchun SNOL 30/1100 mufel pechida 550°C da 6 soat kuydirildi (1-rasm).



1-rasm. Navbahor bentonitidan mezog‘ovakli seolit sintez qilish sxemasi

Dekationlashtirish uchun 10 g MSga 100 g 25 % li NH_4Cl eritmasi qo‘shilib, suv hammomida 90–100°C da 2 soat aralashtirildi. NH_4^+-shakldagi seolit filtrlandi, yuvildi, quritildi va 550°C da 6 soat kuydirildi. Kukun tabletkalab presslandi va granula holiga keltirildi.

Rentgen fazaviy tahlil Rigaku MiniFlex 300/600 (40 kV, 30 mA, 2θ = 10–70°, qadam 0,02°) va DRON-4 (CoKα-nurlanish) difraktometrlarida bajarildi. Mikrostruktura va element tarkibi energodispersion spektrometrli Zeiss EVO MA skanirlovchi elektron mikroskopida (SEM) o‘rganildi. Termik tahlil (TG, DTG, DSC) 25–1000°C oralig‘ida o‘tkazildi.

G‘ovakli struktura parametrlari azotning 77 K dagi adsorbsiya-desorbsiyasi usulida aniqlandi; har bir namuna oldindan vakuumda 250°C da 2 soat gazsizlantirildi. Solishtirma sirt-yuza Brunauer–Emmett–Teller (BET) tenglamasi bo‘yicha hisoblandi [14]:

$$\frac{1}{W\left(\frac{P_0}{P}-1\right)} = \frac{1}{W_m C} + \frac{C-1}{W_m C}\cdot\frac{P}{P_0} \quad (1)$$

bu yerda W -P/P₀ nisbiy bosimda yutilgan gaz massasi; W_m -monoqatlam sig‘imi; C -birinchi qatlam adsorbsiya energiyasiga bog‘liq BET konstantasi. G‘ovaklarning o‘lcham bo‘yicha taqsimlanishi Barrett–Joyner–Halenda (BJH) usulida P/P₀ = 0,640–0,967 oralig‘idagi izoterma tarmoqlari bo‘yicha, mikrog‘ovaklar hajmi Dubinin–Radushkevich usulida hisoblandi [15, 16].

Al_2O_3 ning massa ulushi ksilenol sarig‘i indikatori ishtirokida ortiqcha trilon B (0,02 M) ni $ZnSO_4$ (0,02 M) bilan teskari titrlab, SiO_2 ning massa ulushi gravimetrik usulda aniqlandi:

$$x_{Al_2O_3} = \frac{C_1\,(V - V_1 K)\cdot 10^6}{V_2\, m\,(100 - \text{QYM})} \quad (2)$$

bu yerda C_1 -trilon B ning Al_2O_3 bo‘yicha titri, g/sm³; V, V_1 -trilon B va $ZnSO_4$ eritmalari hajmi, ml; V_2 -alikvota hajmi, ml; m -namuna massasi, g; QYM -qizdirilganda yo‘qotilgan massa ulushi, %.

MSning suv bug‘lari va geptan bo‘yicha statik sig‘imi 550°C da 3 soat faollashtirilgan namunalarda aniqlandi:

$$X = \frac{B}{M\,d} \quad (3)$$

bu yerda B -yutilgan suv yoki geptan massasi, g; M -MS massasi, g; d -adsorbat zichligi, g/sm³.

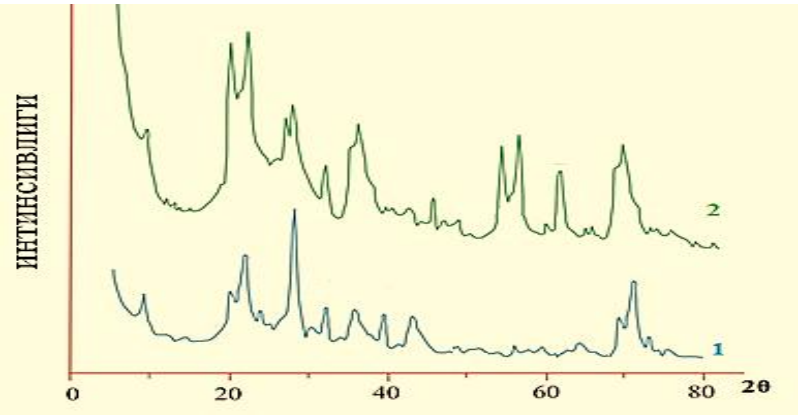
Namunalarning ko‘p faktorli faollashtirish tajribalari 2^4 to‘liq faktorli eksperiment rejasi bo‘yicha o‘tkazildi; N_2 va O_2 bo‘yicha muvozanat sig‘im 25°C da hajmiy (volyumometrik) usulda aniqlandi. Namlik bo‘yicha adsorbsion sig‘im tabiiy gaz namunalarini adsorbent qatlamidan o‘tkazib, gazdagi namlik miqdorini xromatografik usulda nazorat qilish orqali 20–40°C oralig‘ida o‘rganildi. Taqqoslash uchun sanoat NaA va CaA seolitlari, tabiiy, HCl va Na_2CO_3 bilan faollashtirilgan bentonit namunalari ishlatildi.

Natijalar va ularning muhokamasi

Kimyoviy va faza tarkibi

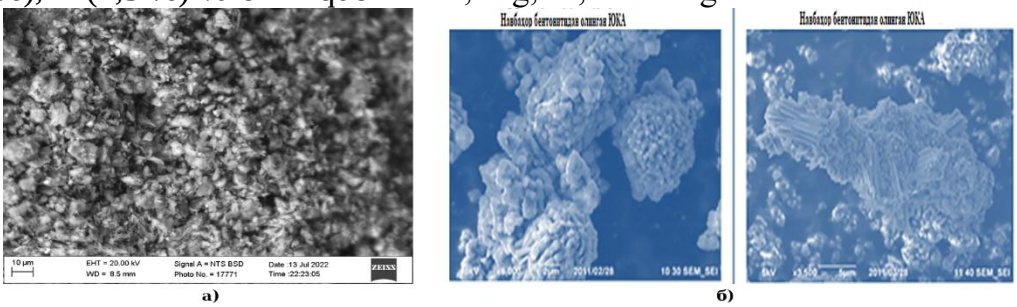
Kislotali faollashtirish bentonitdagi SiO_2 miqdorini 57,91 % dan 70,17 % gacha, ya’ni 1,21 marta oshirdi (1-jadval). Bir vaqtning o‘zida Al_2O_3 13,69 % dan 9,49 % gacha, Fe_2O_3 5,10 % dan 1,39 % gacha, Na_2O 1,53 % dan 0,17 % gacha kamaydi. Bu oktaedrik qatlamdan Al^{3+}, Fe^{3+}, Mg^{2+} kationlarining va qatlamlararo almashinuvchi kationlarning chiqarilishidan dalolat beradi. Natijada SiO_2/Al_2O_3 mol nisbati taxminan 7,2 dan 12,6 gacha ortdi, ya’ni material yuqori kremniyli seolitlar sinfiga yaqinlashdi.

Tabiiy bentonit rentgenogrammasida montmorillonit va α-kristobalitga xos reflekslar kuzatildi (2-rasm, 1-egri chiziq). Faollashtirish va kuydirishdan so‘ng mineralogik tarkib o‘zgaradi: illit fazasi paydo bo‘ladi va seolit fazasiga tegishli reflekslar kuchayadi (2-egri chiziq). Kristallanish davomiyligi 8 va 9 soat bo‘lganda namunadagi MS miqdori mos ravishda 96 va 100 % ni tashkil etdi. 100 % kristallik darajaga 115°C da 50 soatda, 150°C da esa taxminan 10 soatda erishiladi.



2-rasm. Tabiiy Navbahor bentoniti (1) va uning asosida olingan MS (2) ning difraktogrammalari

SEM ma’lumotlariga ko‘ra, tabiiy bentonit o‘lchami 1–10 mkm bo‘lgan zich joylashgan qatlamsimon agregatlardan iborat (3-rasm, a). MS namunalarida esa aniq chegarali kristallar va ular orasidagi g‘ovaklar ajralib turadi (3-rasm, b). Turli struktura hosil qiluvchilar ishtirokida olingan seolitlarda kristallarning shakli va o‘lchami farq qiladi. Energodispersion tahlil MS tarkibida O (52 %), Si (31 %), Al (4,3 %), Ca (3,7 %), Fe (2,6 %), K (2,3 %) va oz miqdorda Na, Mg, Sr, Ti borligini ko‘rsatdi.



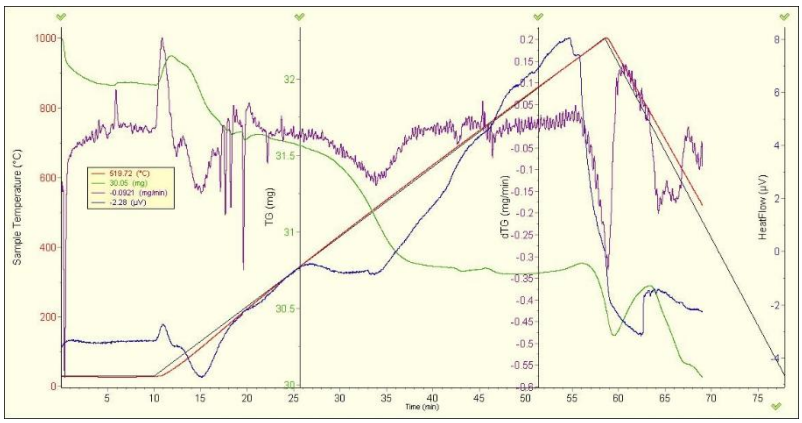
а) б)

3-rasm. Tabiiy Navbahor bentoniti (a) va uning asosida olingan MS (b) ning SEM tasvirlari

Termik tahlil

Faollangan MS derivatogrammasida ikki asosiy parchalanish sohasi kuzatildi: 106–294°C va 302–950°C (4-rasm). Birinchi soha fizik adsorbsiyalangan va seolit bo‘shliqlaridagi suvning chiqishiga, ikkinchisi tuzilishdagi OH-guruhlar degidroksillanishi va karbonat aralashmalarining parchalanishiga mos keladi. Asosiy massa yo‘qolishi 160–912°C oralig‘ida kechadi va 7,25 % (3,21 mg) ni tashkil etadi.

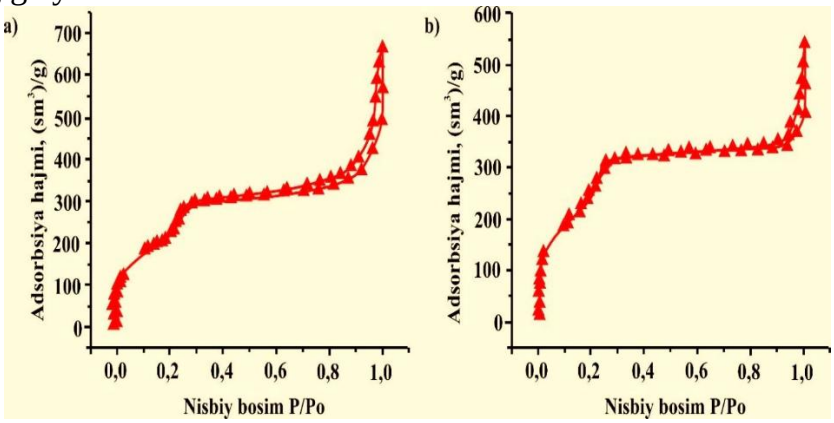
Tabiiy bentonitda esa birinchi bosqich 90–300°C da 10,5 %, ikkinchi bosqich 470°C atrofida 2,9 % massa yo‘qotilishi bilan kechadi. Shunday qilib, MS tabiiy bentonitga nisbatan termik jihatdan barqarorroq va uni 400–550°C da regeneratsiya qilish mumkin.



4-rasm. Faollangan MS derivatogrammasi: 1 -harorat; 2 -TG; 3 -DTG; 4 -DSC

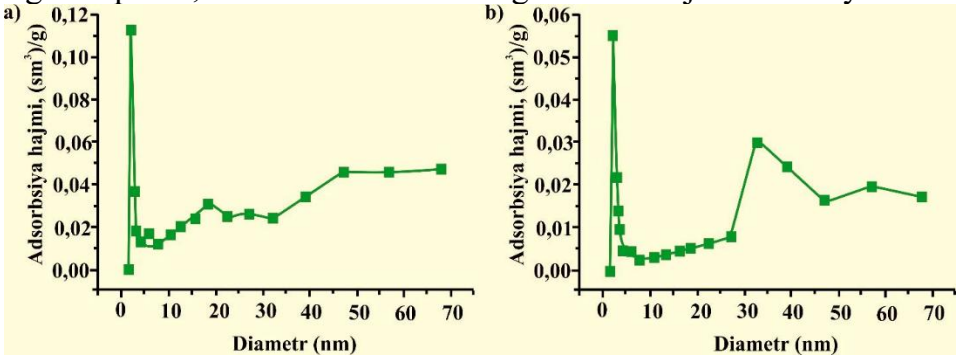
Tekstura xarakteristikalari

Sintez qilingan MS dagi azot adsorbsiya-desorbsiya izotermalari IUPAC tasnifi [17] bo‘yicha IV turga mansub va gisterezis sirtmog‘iga ega (5-rasm). $P/P_0 < 0,05$ sohada monomolekulyar, 0,05–0,5 sohada polimolekulyar adsorbsiya kechadi; aynan shu soha BET bo‘yicha solishtirma sirt-yuzani hisoblashda ishlatildi. $P/P_0 = 0,5–1,0$ oralig‘ida mezog‘ovaklarda kapillyar kondensatsiya sodir bo‘ladi. Adsorbsiya hajmi $P/P_0 \approx 1$ da 550–680 sm^3/g ga yetadi.



5-rasm. Sintez qilingan MS namunalarida (a, b) azotning adsorbsiya-desorbsiya izotermalari

BJH usuli bo‘yicha hisoblangan taqsimlanish egrilarida asosiy maksimum taxminan 2 nm da joylashgan, 20–60 nm sohasida esa ikkinchi keng taqsimlanish kuzatiladi (6-rasm). Tabiiy va modifikatsiyalangan bentonitlarda g‘ovaklarning katta qismi 2–2,2 nm va undan katta sohada joylashgan, MS esa ko‘p miqdorda 1,8–7,2 nm o‘lchamli g‘ovaklar saqlaydi va shu sababli yuqoriroq solishtirma sirt-yuzaga ega. Bentonitning o‘rtacha mezog‘ovak diametri modifikatsiya sharoitidan qat’iy nazar 4,0–4,2 nm oralig‘ida qoladi, tabletkalash esa mezog‘ovaklar hajmini kamaytiradi.



6-rasm. MS namunalarida (a, b) g‘ovaklar hajmining diametr bo‘yicha taqsimlanishi (BJH)

Tabiiy bentonitning solishtirma sirti 54,5 m^2/g, g‘ovaklar hajmi 0,078 sm^3/g, g‘ovaklarning o‘rtacha o‘lchami 5,2 nm, metilen ko‘ki bo‘yicha adsorbsion faolligi 73,0 mg/g ni tashkil etdi. Issiqlik bilan ishlov berishda 70–500°C oralig‘ida g‘ovakli tuzilish sezilarli o‘zgarmaydi, solishtirma sirt va mikrog‘ovaklar hajmi 400°C da maksimumga yetadi. 700°C dan yuqorida qatlamlararo suv chiqib ketadi, qatlamlar qaytmas yopishadi va tekstura ko‘rsatkichlari yomonlashadi. Modifikatsiyalangan namunalarda azot adsorbsiyasining xarakteristik energiyasi (Dubinin–Radushkevich bo‘yicha) dastlabki bentonitga nisbatan 1,3–1,5 marta oshdi.

Faollashtirish vaqti ortishi bilan MS ning kolloidligi 89 % dan 100 % gacha, suv yutishi esa 10 % dan 30 % gacha ortdi; tabiiy bentonitda bu ko‘rsatkichlar ancha past bo‘ldi (2-jadval).

2-jadval. Navbahor bentoniti va MS xossalarining faollash vaqtiga bog‘liqligi

Ko‘rsatkich	0 s	20 s	40 s	60 s	80 s	100 s	120 s	180 s
Bentonit: kolloidlik, %	49	55	62,3	67,5	70,3	74,6	80	70
Bentonit: suv yutishi, %	2,5	2,42	2,38	2,36	2,34	2,32	2,3	2,45
MS: kolloidlik, %	89	92	94	96	96	99	100	100
MS: suv yutishi, %	10	14	16	18	20	22	28	30

Faollashtirish sharoitini maqbullashtirish

Faollashtirish jarayoni 2^4 to‘liq faktorli eksperiment va keskin ko‘tarilish (Boks–Uilson) usuli bo‘yicha maqbullashtirildi. Omillar: harorat x_1 (400–500°C), qizdirish tezligi x_2 (2–5°/min), yuvuvchi azotdagi CO_2 miqdori x_3 (0–1 hajm %), jarayon davomiyligi x_4 va kation tarkibi x_5. Maqbullik mezonlari sifatida qoldiq nam (y_1), N_2 va O_2 bo‘yicha muvozanat sig‘im (y_2, y_3) hamda N_2/O_2 ajralish koeffitsiyenti (y_4) olindi.

3-jadval. Keskin ko‘tarilish bo‘yicha eksperiment rejasi va natijalari

x_1, °C	x_2, °/min	x_3 (CO_2), hajm %	x_4, soat	y_1, qoldiq nam, %	y_2 (N_2), sm^3/g	y_3 (O_2), sm^3/g	y_4, ajralish koef.
400	2,00	1	1,50	2,68	11,73	3,54	3,31
400	2,00	0	1,50	3,17	11,74	4,29	2,74
422	1,64	1	1,58	2,48	11,85	4,34	2,73
422	1,64	0	1,58	2,87	11,12	4,79	2,32
444	1,28	1	1,66	2,75	12,57	5,01	2,51
444	1,28	0	1,66	2,34	13,63	5,63	2,42

CO_2 ishtirok etmaganda faollashtirish O_2 bo‘yicha sig‘imni oshiradi, ammo ajralish koeffitsiyentini kamaytiradi va qoldiq namni oshiradi. Ajralish koeffitsiyentining eng yuqori qiymati (3,31) 400°C, qizdirish tezligi 2°/min, davomiylik 1,5 soat va yuvuvchi azotda 1 hajm % CO_2 bo‘lganda olindi. Aynan shu sharoit keyingi tajribalar uchun maqbul deb qabul qilindi.

Namlik bo‘yicha adsorbsion sig‘im

Tabiiy gazni quritishda Navbahor MS sanoat NaA seolitiga yaqin natija ko‘rsatdi (4-jadval). Tajribaning birinchi sutkasida MS ning namlik sig‘imi 145 mg/g bo‘lib, CaA va NaA (140 mg/g) dan yuqori, tabiiy bentonitdan (95 mg/g) sezilarli yuqori. 100 soatdan so‘ng MS, NaA va HCl bilan faollashtirilgan bentonit

bir xil -245 mg/g sig‘imga erishdi. 25 sutkada MS ning sig‘imi 500 mg/g ga yetib barqarorlashdi (NaA -550 mg/g), 44 sutkada esa NaA sig‘imi biroz kamaydi.

4-jadval. Adsorbentlarning namlik bo‘yicha sig‘imi, mg/g

Adsorbent	24 soat	100 soat	25 sutka (maksimum)
Tabiiy Navbahor bentoniti	95	190	—
Na_2CO_3 bilan faollashtirilgan bentonit	—	210	—
HCl bilan faollashtirilgan bentonit	175	245	—
CaA seoliti	140	220	485*
NaA seoliti	140	245	550
Navbahor MS	145	245	500

* 800 soatdagi qiymat.

Harorat 20°C dan 40°C ga ko‘tarilganda barcha adsorbentlarning suvga nisbatan faolligi kamaydi: masalan, NaA da ΔC/m 0,25 dan 0,08 gacha, bentonit asosidagi namunalarda 0,085–0,1 dan 0,025 gacha pasaydi. Bu adsorbsiyaning ekzotermik tabiatiga mos keladi [4, 18].

Olingan natijalar Navbahor bentoniti asosidagi MS tabiiy gaz va neft yo‘ldosh gazlarini quritish uchun sanoat seolitlari o‘rnini bosa olishini ko‘rsatadi.

Xulosa

1. Navbahor ishqoriy bentonitidan kislotali faollashtirish (2,0 M H_2SO_4, 80–90°C) va gidrotermal sintez (125–155°C, templat -geksametilendiamin) yo‘li bilan mezog‘ovakli seolit olindi. Faollashtirish SiO_2 miqdorini 57,91 % dan 70,17 % gacha oshirdi, SiO_2/Al_2O_3 mol nisbati taxminan 7,2 dan 12,6 gacha ortdi.

2. Rentgen fazaviy tahlil va SEM ma’lumotlari tabiiy bentonitdagi montmorillonit va α-kristobalit fazalari faollashtirish va sintezdan so‘ng seolit fazasiga o‘tishini ko‘rsatdi; 150°C da 100 % kristallik darajaga taxminan 10 soatda erishiladi.

3. MS asosiy massa yo‘qotilishi 160–912°C oralig‘ida kechadi (7,25 %) va tabiiy bentonitga nisbatan termik jihatdan barqarorroq; uni 400–550°C da regeneratsiya qilish mumkin.

4. Azot adsorbsiyasi izotermalari IV turga mansub bo‘lib, MS asosan 1,8–7,2 nm o‘lchamli mezog‘ovaklardan tashkil topgan. Sirt va mikrog‘ovaklar hajmi 400°C da maksimumga yetadi, 700°C dan yuqorida tekstura yomonlashadi.

5. Faollashtirishning maqbul sharoiti aniqlandi: 400°C, qizdirish tezligi 2°/min, 1,5 soat, yuvuvchi azotda 1 hajm % CO_2; bunda N_2/O_2 ajralish koeffitsiyenti 3,31 ga yetadi.

6. MS ning namlik bo‘yicha sig‘imi 500 mg/g ga yetadi va sanoat NaA seolitiga (550 mg/g) yaqin; demak, uni tabiiy gazni quritishda qo‘llash mumkin.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Rhodes C.J. Properties and applications of zeolites // Science Progress. – 2010. – Vol. 93, No 3. – P. 223–284.
2. Breck D.W. Zeolite Molecular Sieves: Structure, Chemistry and Use. – New York: Wiley, 1974. – 771 p.
3. Anthony J.L., Davis M.E. Assembly of zeolites and crystalline molecular sieves // Self-Organized Nanoscale Materials / Eds. M. Adachi, D.J. Lockwood. – New York: Springer, 2006. – P. 159–185.

4. Шумяцкий Ю.И. Промышленные адсорбционные процессы. М.: КолосС, 2009. 183 с.
5. Bergaya F., Theng B.K.G., Lagaly G. Handbook of Clay Science. Developments in Clay Science. Vol. 1. – Amsterdam: Elsevier, 2006. 1224 p.
6. Grim R.E., Güven N. Bentonites: Geology, Mineralogy, Properties and Uses. Amsterdam: Elsevier, 2011. 255 p.
7. Krupskaya V.V., Zakusin S.V., Tyupina E.A., Dorzhieva O.V., Zhukhlistov A.P., Belousov P.E., Timofeeva M.N. Experimental study of montmorillonite structure and transformation of its properties under treatment with inorganic acid solutions // Minerals. 2017. Vol. 7, No 4. Art. 49. P. 1–15.
8. Valenzuela Díaz F.R., Souza Santos P. Studies on the acid activation of Brazilian smectitic clays // Química Nova. 2001. Vol. 24, No 3. P. 345–353.
9. Kon'kova T.V., Morozov A.N., Kandelaki G.I., Alekhina M.B. Modification and physicochemical and catalytic properties of natural layered aluminosilicates // Russian Journal of Physical Chemistry A. 2018. Vol. 92, No 11. P. 2135–2138.
10. Yang S., Guo M., Yang E., Zhang H. Study on preparation and performance of high swelling bentonite // Matéria (Rio de Janeiro). 2018. Vol. 23, No 3. e12168.
11. Gil A., Korili S.A., Vicente M.A. Recent advances in the control and characterization of the porous structure of pillared clay catalysts // Catalysis Reviews. 2008. Vol. 50, No 2. – P. 153–221.
12. Eren E., Afsin B. Investigation of a basic dye adsorption from aqueous solution onto raw and pre-treated bentonite surfaces // Dyes and Pigments. 2008. Vol. 76. P. 220–225.
13. Tahir S.S., Naseem R. Removal of Cr(III) from tannery wastewater by adsorption onto bentonite clay // Separation and Purification Technology. 2007. Vol. 53. P. 312–321.
14. Brunauer S., Emmett P.H., Teller E. Adsorption of gases in multimolecular layers // Journal of the American Chemical Society. 1938. Vol. 60, No 2. P. 309–319.
15. Barrett E.P., Joyner L.G., Halenda P.P. The determination of pore volume and area distributions in porous substances. I. Computations from nitrogen isotherms // Journal of the American Chemical Society. 1951. Vol. 73, No 1. P. 373–380.
16. Дубинин М.М. Адсорбция и пористость. М.: ВАХЗ, 1972. 127 с.
17. Thommes M., Kaneko K., Neimark A.V., Olivier J.P., Rodriguez-Reinoso F., Rouquerol J., Sing K.S.W. Physisorption of gases, with special reference to the evaluation of surface area and pore size distribution (IUPAC Technical Report) // Pure and Applied Chemistry. – 2015. – Vol. 87, No 9–10. P. 1051–1069.
18. Wei J., Zhu R., Zhu J., Ge F., Yuan P., He H., Ming C. Simultaneous sorption of crystal violet and 2-naphthol to bentonite with different CECs // Journal of Hazardous Materials. – 2009. Vol. 166. P. 195–199.
19. A.R.Karjavov., N.I.Fazyullaev., Determination of Technological Parameters of Producing Vinylchloride from Acetylene Volume 3045 B AIP Conference Proceedings Namangan, (SCOPUS) Uzbekistan 4-5 May 2022 Editors Sherzod Korabayev, Plekhanov Aleksey, Hüseyin Kadoğlu, Salikh Sh Tashpulatov and Nosir Yuldashev Problems in the Textile and Light Industry in the Context of Integration of Science and Industry and Ways to Solve Them PTLICISIWS-2 2024 yil
20. .A.R.Karjavov., N.I.Fazyullaev., Study of the Kinetics and Mechanism of the Reaction of the Catalytic Hydrochloration of Acytylene Volume 3045 B AIP Conference Proceedings Namangan, (SCOPUS) Uzbekistan. 4-5 May 2022 Editors. Sherzod

Korabayev, Plekhanov Aleksey, Hüseyin Kadoğlu, Salikh Sh Tashpulatov and Nosir Yuldashev Problems in the Textile and Light Industry in the Context of Integration of Science and Industry and Ways to Solve Them PTLICISIWS-2 2024 yil
21.A.R.Karjavov., N.I.Fazyullaev., Azim Baykulov., Production of acetone by catalytic hydration of acetylene E3S Web of Conf. Volume 389, 2023 Ural Environmental Science Forum "Sustainable Development of Industrial Region" (UESF-2023) Article Number 01046 Number of page(s) 10 Section Materials Science Innovations, Green Chemistry and Emission Reduction DOI https://doi.org/10.1051/e3sconf/202338901046 Published online 31 May 2023 (SCOPUS)
22.A.R.Karjavov., N.I.Fazyullaev., Catalytic synthesis of acetone by direct hydration of acetylene E3S Web of Conf. Volume 389, 2023 Ural Environmental Science Forum "Sustainable Development of Industrial Region" (UESF-2023) Article Number 01046 Number of page(s) 10 Section Materials Science Innovations, Green Chemistry and Emission Reduction DOI https://doi.org/10.1051/e3sconf/202338901046 Published online 31 May 2023 (SCOPUS)