ISNN 3030-3907

2026
MAY
ISSUE - 5
VOLUME - 4

DEVELOPMENT OF SCIENCE

scientific journal



Development of science

Ilmiy jurnal

MAY 2026
Issue - 5, VOLUME - 4

ISSN 3030 -3907

Ilmiy jurnal OAK rayosatining 2024 yil 27 sentabrdagi 361-son qaroriga asosan 02.00.00 kimyo fanlari hamda 2025 yil 12 fevral 367- son qaroriga asosan 05.00.00 texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro‘yxatiga kiritilgan.

BOSH MUHARRIR:
Temirov Alisher Hoshim o‘g‘li – texnika fanlari falsafa doktori (PhD),Dotsent.
TAHRIRIYAT KENGASH RAISI:
Fozilov Sadriddin Fayzullayevich – texnika fanlari doktori, professor
TAHRIRIYAT KENGASH A’ZOLARI

TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Bozorov G‘ayrat Rashidovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Abdurahmonov Olim Rustamovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Adizov Bobur Zamirovich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti, professor
Hayitov Ruslan Rustamjonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Jumayev Qayum Karimovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Berdiyev Dorob Murodovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor
Maxmudov Rafiq Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Tilloyev Lochin Ismatilloyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Raxmonov Qahramon Sanakulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Barakayev Nusratullo Rajabovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor.
Jo‘rayev Xayrullo Fayziyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Panoyev Erali Rajabboyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Ataullayev Sherzod Nabiullyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Malik Negmurodovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Axmedova Ozoda Bahronovna
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti.
Safarov Bahri Jumayevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Xaydarov Axtam Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Safarov Jasur Alijon o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Axmedov Voxid Nizomovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Umarov Baqo Bafoyevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Kodirov Abduaxad Abduraximovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Qurbonov Mingniqul Jumagulovich
Qarshi davlat Universiteti, dotsent
Turemuratov Sharibay Naurizbaevich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Qoraqalpog‘iston bo‘limi Bosh ilmiy kotibi, professor
Tursunov Kaxor Shonazarovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Do‘stov Hamro
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Panoyev Nodir Shavkatovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Olimov Bobur Bahodir o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Kasimov Sherzod Abduazimovich
Termiz Davlat Universiteti, professor.
Aliqulov Rustam Valiyevich
Termiz Davlat Universiteti, professor
Tropov Xamza Tursunovich
Samarqand Davlat Universiteti, professor

IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Nizamov Aslitdin Badreddinovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Boboyev Akmal Choriyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Ergashxojayeva Shaxnoza Djasurovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Saidaxmedova Nodira Ilxomovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Muxsinov Bekzod Toxirovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shakarov Qulmat Ashirovich
Renessans ta'lim universiteti,dotsent.
Jumaeva Zulfiya Qayumovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Norova Salomat Yusupovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Avezova Shaxnoza Maxmudjonovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Jalilov Jamshid G‘anijonovich
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, dotsent
Xasanova Gulruh Djumanazarovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Siddiqova Sadoqat G‘afforovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Zoyirov Erkin Xalilovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, DSc, professor
Gaffarov Feruz Hasanovich
Puchon Universiteti, *professor*
Ruziyev Davron Yuldashevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Muradova Firuza Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Yunusova Gulandon Samiyevna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
To‘xtayeva Zebo Sharifovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Navro‘zova Gulchixra Nigmatovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Uzoqova Laylo Polvonovna
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.
To‘raqulova Marjona Qiyom qizi
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Muradova Zarina Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Sanjar Aslonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shodiyev Jahongir Jo‘raqulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent
Gaffarov Laziz Hasanovich
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.

Tahririyat a’zolarning to‘liq ro‘yxati jurnalning www.devos.uz saytida keltirilgan.

Tahririyat hay’ati a’zolarining tarkibini o‘zgartirish hamda qo‘shimcha kiritish yoki tahririyat a’zoligidan chiqarish bosh muharrir tomonidan amalga oshiriladi.

ISSN 3030-3907

Development of science ilmiy jurnali 2024 yil 15 aprel kuni №256445 sonli guvohnoma bilan Davlat ro‘yxatidan o‘tgan.

To‘plam elektron ko‘rinishda (pdf formatida) mualliflarga taqdim etiladi. To‘plamga kiritiladigan maqolalarning mazmuni, ulardagi statistik ma’lumotlar va me’yoriy hujjatlarning to‘g‘riligiga hamda har qanday fikr - mulohazalarga mualliflarning o‘zlari mas’ul hisoblanadilar. Talablarga javob bermaydigan maqolalar to‘plamga kiritilmaydi. Tashkiliy qo‘mita maqola matnini qisqartirish, qisman tuzatish kiritish, seksiyalarga joylashtirish huquqiga ega.

ISSN 3030-3907

BENTONIT VA MAHALLIY MINERAL XOMASHYOLAR ASOSIDA ADSORBENTLAR OLISH IMKONIYATLARI

Ashurov Sh.M.
Toshkent davlat texnika universiteti,
Bozorov O.N.
Iqtisodiyot va pedagogika universiteti
Quyboqarov O.E.
Qarshi davlat texnika universiteti

Annotatsiya. Ushbu maqolada bentonit va mahalliy mineral xomashyolar asosida adsorbentlar olishning ilmiy-amaliy imkoniyatlari keng yoritildi. Bentonit, kaolin, diatomit, paligorskit, tabiiy seolitlar va boshqa alumosilikat minerallarning strukturaviy-g‘ovak tuzilishi, kation almashinish sig‘imi, sirt faol markazlari, gidrofillik-organofillik xususiyatlari va modifikatsiyalash orqali adsorbsion faolligini oshirish yo‘llari tahlil qilindi. Mahalliy mineral xomashyolar asosida tayyorlanadigan adsorbentlar tabiiy gazni quritish, neftli oqova suvlarni tozalash, emulsiyalangan neft mahsulotlarini ajratish, og‘ir metall ionlari, bo‘yoqlar, fenollar va boshqa ifloslantiruvchilarni ushlab qolish uchun istiqbolli materiallar sifatida baholandi.

Kalit so‘zlar: bentonit, mahalliy mineral xomashyo, adsorbent, modifikatsiya, kaolin, diatomit, seolit, g‘ovak tuzilish, kation almashinish sig‘imi, neftli oqova suv, tabiiy gazni quritish, regeneratsiya.

Аннотация. В статье расширенно рассмотрены научно-практические возможности получения адсорбентов на основе бентонита и местного минерального сырья. Проанализированы структурно-пористые свойства бентонита, каолина, диатомита, палыгорскита, природных цеолитов и других алюмосиликатных минералов, их катионообменная способность, поверхностные активные центры и пути повышения адсорбционной активности посредством модификации. Показана перспективность использования таких материалов для осушки природного газа, очистки нефтесодержащих сточных вод, удаления тяжелых металлов, красителей, фенолов и других загрязнителей.

Ключевые слова: бентонит, местное минеральное сырье, адсорбент, модификация, каолин, диатомит, цеолит, пористая структура, сточные воды, природный газ, регенерация.

Abstract. The article provides an extended analysis of the scientific and practical possibilities of producing adsorbents based on bentonite and local mineral raw materials. The structural and porous properties of bentonite, kaolin, diatomite, palygorskite, natural zeolites and other aluminosilicate minerals are discussed. Special attention is paid to cation exchange capacity, surface active sites,

ISSN 3030-3907

hydrophilic and organophilic properties, activation methods and composite adsorbent formation. The prospects of using local mineral-based adsorbents for natural gas dehydration, oil-contaminated wastewater treatment, heavy metal removal, dye and phenol adsorption are substantiated.

Keywords: bentonite, local mineral raw materials, adsorbent, modification, kaolin, diatomite, zeolite, porous structure, wastewater, natural gas, regeneration.

KIRISH.

Bugungi kunda neft-gaz sanoati, kimyo texnologiyasi, ekologik muhandislik, metallurgiya, oziq-ovqat va energetika sohalarida gazlar, oqova suvlar hamda texnologik eritmalar tarkibidagi zararli komponentlarni ajratib olish muhim ilmiy-amaliy vazifalardan biri hisoblanadi. Bunday jarayonlarda adsorbsiya usuli yuqori samaradorligi, apparat jihatdan nisbatan soddaligi, past konsentratsiyali ifloslantiruvchilarni ham ushlab qolish imkoniyati hamda adsorbentlarni regeneratsiya qilib qayta ishlatish mumkinligi bilan ajralib turadi [1–4].

Adsorbent materiallar ishlab chiqarishda tabiiy mineral xomashyolardan foydalanish global miqyosda dolzarb yo‘nalishlardan biri hisoblanadi. Chunki tabiiy gil minerallari keng tarqalgan, arzon, ekologik xavfsiz, mexanik va kimyoviy jihatdan nisbatan barqaror hamda modifikatsiyalashga moyildir. Ayniqsa bentonit, kaolin, diatomit, paligorskit, tabiiy seolitlar va kremniyli jinslar sirt faol markazlari va g‘ovak tuzilishi sababli turli adsorbsion jarayonlarda samarali ishlatilishi mumkin [1, 5, 6].

O‘zbekiston sharoitida bentonit va boshqa mahalliy mineral xomashyolar asosida adsorbentlar yaratish import o‘rnini bosish, mahalliy resurslardan kompleks foydalanish, sanoat chiqindilarini kamaytirish va ekologik xavfsiz texnologiyalarni joriy etish nuqtayi nazaridan muhimdir. Mahalliy bentonit konlari, xususan Navbahor va Xovdak bentonitlari, tabiiy alumosilikat tarkibi, montmorillonitli qatlamli tuzilishi va faollashtirishga moyilligi bilan adsorbentlar olish uchun istiqbolli xomashyo sifatida qaraladi [7, 8].

ADABIYOTLAR TAHLILI.

Bentonitning adsorbent sifatidagi afzalligi uning asosiy minerali montmorillonitning 2:1 tipdagi qatlamli tuzilishi bilan bog‘liq. Qatlamlararo bo‘shliqda joylashgan Na+, Ca2+, Mg2+ kabi almashinuvchi kationlar suv molekulalari, og‘ir metall ionlari, ammoniy, bo‘yoqlar va ayrim organik komponentlar bilan o‘zaro ta’sirlashish imkonini beradi. Bundan tashqari, kislota, ishqor, termik ishlov, organomodifikatsiya va kompozitlash orqali bentonitning adsorbsion faolligini maqsadli boshqarish mumkin [2, 3, 9].

Mazkur maqolada bentonit va mahalliy mineral xomashyolar asosida adsorbentlar olish imkoniyatlari, ularning modifikatsiya usullari, texnologik

ISSN 3030-3907

zanjiri, qo‘llanish yo‘nalishlari hamda OAK talablari doirasida ilmiy maqola uchun zarur bo‘lgan rasm, jadval va izohlar bilan keng tahlil qilinadi.

Bentonitning adsorbent sifatidagi fizik-kimyoviy xususiyatlari

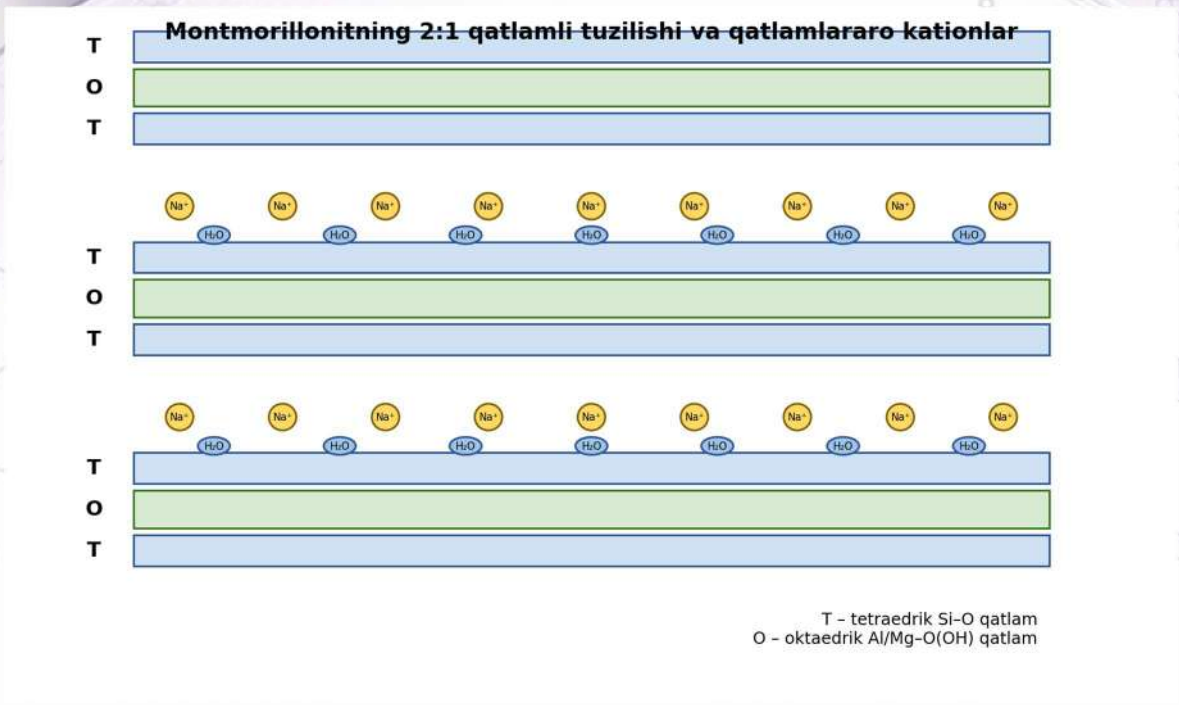
Bentonit qatlamli alumosilikat minerallar guruhiga mansub bo‘lib, uning asosiy komponenti ko‘pincha montmorillonitdan iborat. Montmorillonit 2:1 tipdagi kristall tuzilishga ega: ikki tetraedrik kremniy-kislorod qatlami orasida bitta oktaedrik alyuminiy yoki magniy-kislorod/gidroksil qatlami joylashadi. Bunday qatlamli tuzilish bentonitga shishish, suvni yutish, ion almashish va sirt modifikatsiyasiga moyillik kabi xususiyatlarni beradi [6, 10].

Bentonit zarrachalarining sirtida silanol (≡Si–OH), aluminol (≡Al–OH), gidroksil guruhlar va almashinuvchi kationlar mavjud bo‘lib, ular suv molekulalari, metall ionlari, organik bo‘yoqlar va neft mahsulotlari bilan turli kuchlar orqali ta’sirlashadi. Ushbu ta’sirlashuvlar fizik adsorbsiya, elektrostatik tortilish, ion almashinish, sirt komplekslanishi va g‘ovaklar ichida tutilish mexanizmlari orqali amalga oshadi.

Adsorbent sifatida bentonitning samaradorligini belgilovchi eng muhim xususiyatlar quyidagilardan iborat: montmorillonit miqdori, kation almashinish sig‘imi, solishtirma sirt yuzasi, g‘ovaklar hajmi, zeta-potensial, granulometrik tarkib, sirt funksional guruhlari, mexanik mustahkamlik va regeneratsiyalanish qobiliyati. Ushbu ko‘rsatkichlarning har biri adsorbat turiga qarab turlicha ahamiyat kasb etadi. Masalan, og‘ir metall ionlarini yutishda kation almashinish sig‘imi asosiy rol o‘ynasa, neftli oqova suvlarni tozalashda sirtning organofilligi va makro-mezog‘ovaklar ulushi katta ahamiyatga ega.

IUPAC tasnifiga ko‘ra g‘ovaklar mikrog‘ovaklar (<2 nm), mezog‘ovaklar (2–50 nm) va makrog‘ovaklar (>50 nm) guruhlariga bo‘linadi [6]. Bentonit asosidagi kompozit adsorbentlarda bu uch turdagi g‘ovaklar muvozanati jarayonning real samaradorligini belgilaydi: mikrog‘ovaklar yuqori selektivlikni, mezog‘ovaklar sig‘im va diffuziyani, makrog‘ovaklar esa suyuqlik yoki gaz oqimining granulaga kirib borishini yengillashtiradi.

ISSN 3030-3907



1-Rasm Montmorillonitning 2:1 qatlamli tuzilishi va qatlamlararo kationlar

Rasmda bentonitning asosiy minerali bo‘lgan montmorillonitda tetraedrik va oktaedrik qatlamlar almashinuvi, qatlamlararo Na+, Ca2+ yoki Mg2+ kationlari hamda suv molekulalarining joylashuvi ko‘rsatilgan. Aynan shu qatlamlararo bo‘shliq bentonitning shishish va ion almashinish xususiyatini belgilaydi.

2-Jadval

Bentonitning adsorbent sifatidagi asosiy fizik-kimyoviy ko‘rsatkichlari

Ko‘rsatkich	Adsorbsion jarayondagi roli	Aniqlash usuli	Amaliy talqin
Montmorillonit miqdori	Shishish, ion almashinish va sirt faolligini belgilaydi	XRD	Miqdor yuqori bo‘lsa, adsorbsion modifikatsiya samarasi oshadi
Kation almashinish sig‘imi	Pb2+, Cd2+, Cu2+, NH4+ kabi ionlarni ushlab qoladi	CEC tahlili	Og‘ir metall va ammoniy ionlarini yutish uchun muhim
Solishtirma sirt yuzasi	Faol markazlar sonini bildiradi	BET	Yuqori sirt odatda adsorbsion sig‘imni oshiradi

ISSN 3030-3907

G‘ovaklar hajmi	Adsorbat molekulalarini joylashtiradi	N2 adsorbsiya-desorbsiya	Mezo va makrog‘ovaklar diffuziyani yaxshilaydi
Sirt funksional guruhlari	Suv, ion va organik modda bilan ta’sirlashadi	FTIR	≡Si–OH va ≡Al–OH guruhlarining mavjudligi muhim
Granulometrik tarkib	Kontakt yuzasi va bosim yo‘qotishiga ta’sir qiladi	Elak/laser tahlil	Mayda zarracha sig‘imni, yirik granula gidravlik barqarorlikni oshiradi
Mexanik mustahkamlik	Sanoat adsorberida ezilish va changlanishni kamaytiradi	Ezilish testi	Kolonna jarayonlari uchun majburiy ko‘rsatkich
Regeneratsiya barqarorligi	Qayta ishlatish imkoniyatini ko‘rsatadi	Siklli adsorbsiya-desorbsiya	5–10 sikldan keyingi sig‘im saqlanishi baholanadi

Jadval bentonitning faqat kimyoviy tarkibi emas, balki sirt-g‘ovak tuzilishi, ion almashinish xususiyati va mexanik barqarorligi ham adsorbent sifatida muhim ekanini ko‘rsatadi.

Materiallar va metodik yondashuv

Mahalliy mineral xomashyolar orasida bentonit bilan bir qatorda kaolin, diatomit, paligorskit, tabiiy seolitli jinslar, glaukonit, dolomit, ohaktosh va kremniyli jinslar adsorbent yoki adsorbent tashuvchisi sifatida qiziqish uyg‘otadi. Har bir mineral o‘zining kristall tuzilishi, sirt zaryadi, g‘ovakligi va kimyoviy barqarorligi bilan farqlanadi.

Kaolin asosan kaolinit mineralidan iborat bo‘lib, termik va mexanik barqarorligi bilan ajralib turadi. Diatomit amorf kremniy dioksidga boy, yengil, yuqori g‘ovaklikka ega tabiiy materialdir. Paligorskit va sepiolit tolali tuzilishi, tabiiy seolitlar esa mikrog‘ovak kristall karkasi bilan ajralib turadi. Shuning uchun adsorbent tarkibini ishlab chiqishda har bir komponentning funksional vazifasini aniq belgilash lozim.

ISSN 3030-3907

Bentonit asosidagi kompozitlarda diatomit g‘ovaklikni oshiradi, kaolin granulalarning mexanik va termik barqarorligini kuchaytiradi, seolitlar molekulyar elak xususiyatini beradi, aktivlangan uglerod yoki neft shlami asosidagi uglerodli faza esa organik moddalarga nisbatan yutish qobiliyatini oshiradi. Bunday yondashuv bir vaqtning o‘zida bir nechta ifloslantiruvchi turini ushlab qoladigan ko‘p funksiyali adsorbentlar olish imkonini beradi.

Mahalliy xomashyoni adsorbentga aylantirishda asosiy talab — xomashyoni pasportlashtirishdir. Chunki bir xil nomdagi bentonit namunalarining mineralogik tarkibi, montmorillonit ulushi, karbonat aralashmalari, kvars miqdori va almashinuvchi kationlar nisbati turlicha bo‘lishi mumkin. Shuning uchun har bir kon yoki partiya bo‘yicha XRD, XRF, BET, FTIR va granulometrik tahlillar o‘tkazilishi zarur.

3-jadval

Mahalliy mineral xomashyolarning adsorbent olishdagi funksional imkoniyatlari

Xomash yo turi	Asosiy mineral faza	Afzalligi	Cheklanishi	Tavsiya etiladigan qo‘llanish
Bentonit	Montmorillonit, illit, kvars, karbonatlar	Ion almashinish, shishish, modifikatsiyaga moyillik	Suvda barqarorligi va changlanishi nazorat qilinadi	Og‘ir metallar, gaz quritish, oqova suv
Kaolin	Kaolinit	Termik barqarorlik, mexanik mustahkamlik	Sirt sig‘imi nisbatan past	Kompozit adsorbent, granulalash tashuvchisi
Diatomit	Amorf SiO2, opal faza	Yuqori g‘ovaklik, yengil struktura	Mexanik mustahkamligi past bo‘lishi mumkin	Neftli suvlar, filtrlovchi qatlam
Paligorskit	Tolali Mg-Al silikat	Tolali g‘ovak tuzilish, reologik xossa	Xomashyo tarkibi barqarorligi muhim	Organik ifloslantiruvchilar, emulsiyalar
Tabiiy seolit	Karkasli alumosilikat	Mikrog‘ovak, molekulyar elak xususiyati	Regeneratsiya energiyasi yuqori bo‘lishi mumkin	Tabiiy gazni quritish, NH4+ yutish

ISSN 3030-3907

Karbonatli jinslar	CaCO3, MgCO3	Arzon, granulalashda yordamchi	Adsorbsion sig‘imi cheklangan	Bog‘lovchi yoki pH rostlovchi komponent

Jadvalda har bir mineralning adsorbent tarkibidagi funksional vazifasi ko‘rsatilgan. Sanoat adsorbenti yaratishda komponentlar faqat arzonligi bo‘yicha emas, balki g‘ovaklik, mustahkamlik, selektivlik va regeneratsiya barqarorligi bo‘yicha tanlanadi.

4-Jadval .

Mahalliy bentonit namunalarini pasportlashtirish uchun tavsiya etiladigan ko‘rsatkichlar

Tahlil yo‘nalishi	Aniqlanadigan parametr	Nima uchun zarur?	Natijadan foydalanish
Kimyoviy tarkib	SiO2, Al2O3, Fe2O3, MgO, CaO, Na2O, K2O, LOI	Xomashyo turini va qo‘shimcha fazalarni ko‘rsatadi	Modifikatsiya reagentlari va termik rejim tanlanadi
Mineralogik tarkib	Montmorillonit, kaolinit, kvars, karbonat, illit	Faol mineral ulushini baholaydi	Xomashyoning adsorbentga yaroqliligi aniqlanadi
Tekstura	SBET, Vpore, Dpore	Sirt-g‘ovak imkoniyatini ko‘rsatadi	Adsorbsion sig‘im prognoz qilinadi
Morfologiya	Zarracha shakli, aglomeratsiya, yoriqlar	Granulalash va diffuziyaga ta’sir qiladi	Mexanik ishlov rejimi belgilanadi
Sirt kimyosi	–OH, Si–O, Al–O, suv bog‘lanishi	Adsorbat bilan ta’sir mexanizmini ko‘rsatadi	FTIR asosida modifikatsiya natijasi baholanadi
Texnologik xossa	Namlik, zichlik, fraksiya, ezilish mustahkamligi	Sanoat adsorberida ishlashni belgilaydi	Granula tarkibi va bog‘lovchi tanlanadi

ISSN 3030-3907

Ushbu jadval laboratoriya ishlarini rejalashtirishda xomashyo partiyasini standart pasportlash uchun ishlatiladi. Natijalar adsorbent tarkibi va faollashtirish rejimini tanlashga bevosita ta’sir qiladi.

NATIJALAR VA MUHOKAMA.

Tabiiy bentonit ba’zi hollarda to‘g‘ridan-to‘g‘ri adsorbent sifatida ishlatilishi mumkin. Biroq sanoat talablari, xususan yuqori adsorbsion sig‘im, selektivlik, regeneratsiya barqarorligi va mexanik mustahkamlikni ta’minlash uchun ko‘pincha modifikatsiya talab etiladi. Modifikatsiya usuli adsorbat turiga va qo‘llanish muhitiga qarab tanlanadi.

Mexanik faollashtirishda maydalash, elash, planetar tegirmonda ishlov berish va zarracha o‘lchamini kamaytirish orqali yangi sirtlar ochiladi. Bu jarayon solishtirma sirt yuzasi va faol markazlar sonini oshirishi mumkin. Ammo haddan tashqari kuchli mexanik ishlov zarrachalarning aglomeratsiyalanishi yoki qatlamli strukturaning qisman buzilishiga olib kelishi mumkin.

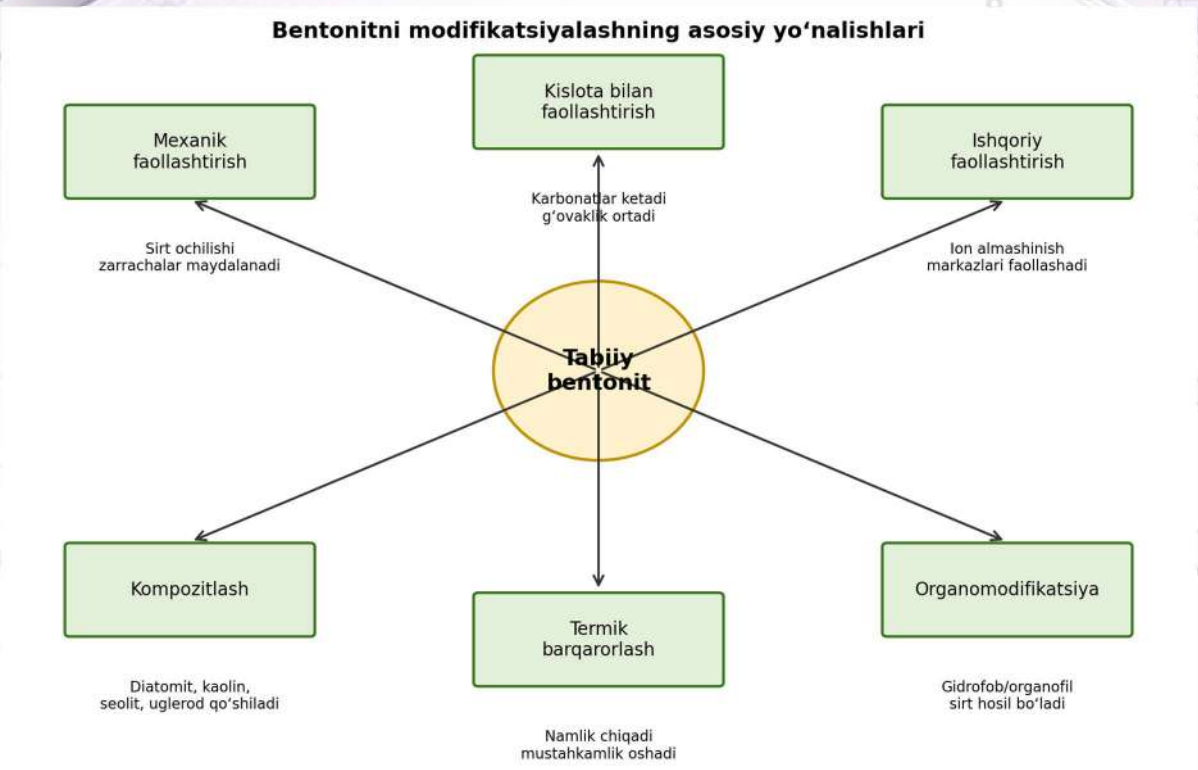
Kislota bilan faollashtirishda HCl, H2SO4 yoki HNO3 eritmalari qo‘llanadi. Bunda karbonatlar, almashinuvchi kationlar va ayrim oktaedrik kationlar qisman eritmaga o‘tadi, natijada g‘ovaklik, kislotali markazlar va adsorbsion faollik ortadi. Shu bilan birga, kislota konsentratsiyasi va ishlov berish vaqti juda yuqori bo‘lsa, panjara buzilishi va mexanik mustahkamlik kamayishi mumkin [2, 7].

Ishqoriy faollashtirish NaOH yoki KOH eritmalari yordamida amalga oshiriladi. Bu usul kremniy-alyuminiy nisbatini o‘zgartirishi, ion almashinish markazlarini faollashtirishi va ayrim organik bo‘yoqlarni yutish samaradorligini oshirishi mumkin. Ishqoriy ishlovdan keyin adsorbentni neytral pH gacha yuvish muhim, aks holda keyingi adsorbsiya tajribalarida ikkilamchi kimyoviy ta’sir kuzatiladi.

Organomodifikatsiya bentonitning gidrofil sirtini organofil sirtga aylantirishga xizmat qiladi. Bunda kationli sirt faol moddalar, aminlar, polimerlar yoki boshqa organik modifikatorlar qatlamlararo bo‘shliqqa kiritilishi mumkin. Natijada neft mahsulotlari, fenollar, aromatik birikmalar va bo‘yoqlarga nisbatan yutish qobiliyati ortadi [2, 9].

Termik modifikatsiya adsorbentni quritish, strukturadagi zaif bog‘langan suvni chiqarish, granulalarni mustahkamlash va mikroorganizmlar yoki organik aralashmalarni yo‘qotish uchun ishlatiladi. Biroq juda yuqori harorat montmorillonit qatlamlarining degidroksillanishiga olib kelishi mumkin. Shuning uchun termik ishlov harorati adsorbentning maqsadli qo‘llanishiga mos tanlanadi.

ISSN 3030-3907



2-Rasm. Bentonitni modifikatsiyalashning asosiy yo‘nalishlari

Izoh. Rasmda tabiiy bentonitdan adsorbent olishda qo‘llanadigan asosiy faollashtirish yo‘llari ko‘rsatilgan. Har bir usul sirt tuzilishiga turlicha ta’sir qiladi: mexanik ishlov sirtni ochadi, kimyoviy ishlov faol markazlarni o‘zgartiradi, organomodifikatsiya esa organik ifloslantiruvchilarni yutishga mos sirt hosil qiladi.

5-Jadval.

Bentonitni modifikatsiyalash usullari va kutiladigan texnologik natijalar

Modifikatsiya usuli	Jarayon mohiyati	Kutiladigan natija	Nazorat qilinadigan xavf	Qo‘llanish yo‘nalishi
Mexanik faollashtirish	Maydalash, elash, planetar tegirmon	Sirt ochilishi, disperslik ortishi	Aglomeratsiya, ortiqcha changlanish	Dastlabki tayyorlash va granula tarkibi
Kislota bilan ishlov	HCl/H2SO4/ HNO3 bilan faollashtirish	Karbonatlar kamayadi, g‘ovaklik va kislotali markazlar ortadi	Panjara buzilishi, reagent sarfi	Bo‘yoq, og‘ir metallar, katalizator tashuvchisi

ISSN 3030-3907

Ishqoriy faollashtirish	NaOH/KOH bilan ishlov	Ion almashinish va sirt faolligi o‘zgaradi	pH neytrallash va tuz qoldiqlari	Organik bo‘yoqlar, ayrim ionlar
Termik ishlov	Quritish, kuydirish, barqarorlashtirish	Namlik kamayadi, granula mustahkamligi oshadi	Faol guruhlar kamayishi mumkin	Gaz quritish, regeneratsiyalanadigan adsorbent
Organomodifikatsiya	SFM yoki polimer modifikator kiritish	Organofil sirt, neft mahsulotlarini yutish ortadi	Modifikatorning ekologik xavfi	Neftli oqova suv, emulsiyalar
Kompozitlash	Diatomit, kaolin, seolit, uglerod bilan birlashtirish	Ko‘p funksiyali adsorbent olinadi	Tarkibni optimallashtirish zarur	Gaz, suv va aralash ifloslantiruvchi muhitlar

Modifikatsiya rejimi laboratoriya tajribalarida kichik namunalar bilan tanlanib, keyin dinamik kolonna sinovlarida tekshirilishi kerak. Adsorbentning yuqori sig‘imi bilan birga regeneratsiya va mexanik barqarorligi ham majburiy baholanadi.

Bentonit asosida kompozit adsorbentlar olish texnologiyasi

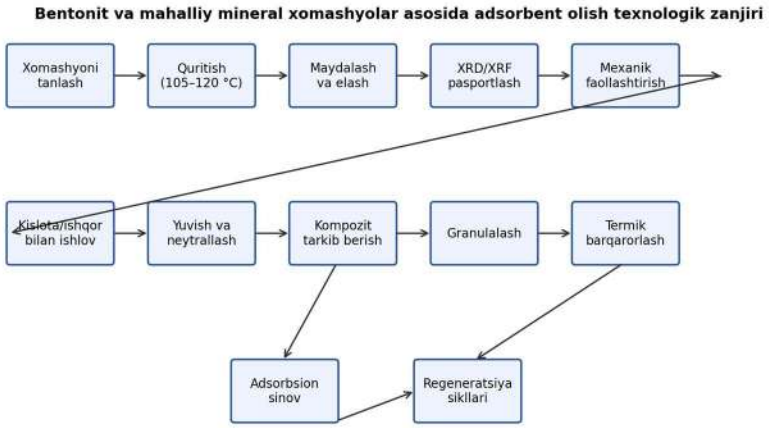
Bitta tabiiy mineral ko‘pincha barcha texnologik talablarni to‘liq qondira olmaydi. Masalan, bentonit ion almashinish va modifikatsiyaga moyilligi bilan afzal bo‘lsa-da, suvli muhitda granulalarning barqarorligi yoki gidravlik qarshiligi muammo tug‘dirishi mumkin. Diatomit yuqori g‘ovaklik beradi, lekin o‘zi yakka holda yetarli mexanik mustahkamlikka ega bo‘lmasligi mumkin. Kaolin termik va mexanik barqarorlikni oshiradi, ammo adsorbsion sig‘imi nisbatan past. Shu sababli kompozit adsorbent yaratish eng maqbul yondashuv hisoblanadi.

Kompozit adsorbentlarda har bir komponent aniq vazifa bajaradi. Bentonit sirt faol markazlar va ion almashinishni ta’minlaydi, diatomit g‘ovaklik va filtratsiya xususiyatini oshiradi, kaolin granula skeletini mustahkamlaydi, seolit molekulyar elak xususiyatini beradi, uglerodli komponentlar esa organik ifloslantiruvchilarni yutadi. Bunday tarkibda bog‘lovchi sifatida kraxmal, natriy silikat, bentonitning o‘zi yoki ekologik xavfsiz polimerlar ishlatilishi mumkin.

ISSN 3030-3907

Adsorbent olish texnologiyasi xomashyoni quritish va maydalashdan boshlanadi. Keyin mineralogik-kimyoviy tahlil o‘tkazilib, kerakli modifikatsiya usuli tanlanadi. Faollashtirilgan xomashyolar belgilangan nisbatda aralashtiriladi, namlanadi, granulalanadi, quritiladi va termik barqarorlashtiriladi. Tayyor adsorbent statik adsorbsiya, dinamik kolonna, regeneratsiya va mexanik mustahkamlik sinovlaridan o‘tkaziladi.

Sanoatga tatbiq etishdan oldin adsorbentning partiyadan partiyaga barqarorligi, granulometrik tarkibi, changlanish darajasi, suvli muhitda parchalanmasligi va toksik komponentlar ajratmasligi aniqlanishi kerak. Ayniqsa neft-gaz korxonalarida ishlatiladigan adsorbentlar yuqori bosim, o‘zgaruvchan harorat, uglevodorodlar va tuzli muhitga chidamli bo‘lishi lozim.



3-Rasm. Bentonit va mahalliy mineral xomashyolar asosida adsorbent olishning umumiy texnologik sxemasi

Rasmda laboratoriya bosqichidan tayyor adsorbentni sinashgacha bo‘lgan asosiy texnologik zanjir ko‘rsatilgan. Amaliyotda bu sxema xomashyo turiga, modifikatsiya usuliga va adsorbentning qo‘llanish sohasiga qarab qisqartirilishi yoki kengaytirilishi mumkin.

Bentonit asosidagi kompozit adsorbentlar uchun tavsiya etiladigan namunaviy tarkiblar

6-Jadval.

Namuna	Bentonit, %	Diatomit, %	Kaolin, %	Seolit, %	Bog‘lovchi, %	Tavsiya etiladigan qo‘llanish
BA-1	80	10	5	0	5	Og‘ir metall ionlarini ushlab qolish
BA-2	65	20	10	0	5	Neftli oqova suvlarni tozalash
BA-3	60	10	10	15	5	Tabiiy gazni adsorbsion quritish

ISSN 3030-3907

BA-4	50	25	10	10	5	Emulsiyalangan neft mahsulotlarini ajratish
BA-5	55	10	15	15	5	Ko‘p komponentli texnologik oqova suv
BA-6	45	20	15	15	5	Regeneratsiyalan adigan universal adsorbent

Jadvaldagi tarkiblar laboratoriya tadqiqotlarini boshlash uchun namunaviy variant sifatida taklif etiladi. Aniq tarkib xomashyo tarkibi, adsorbat turi, pH, harorat, adsorber konstruksiyasi va regeneratsiya rejimiga qarab optimallashtiriladi.

XULOSA.

Bentonit va mahalliy mineral xomashyolar asosida adsorbentlar olish O‘zbekiston sharoitida ilmiy, texnologik, iqtisodiy va ekologik jihatdan dolzarb yo‘nalish hisoblanadi. Bentonitning montmorillonitli qatlamli tuzilishi, kation almashinish sig‘imi, sirt faol markazlari va modifikatsiyaga moyilligi uni samarali adsorbentlar yaratish uchun qulay tabiiy xomashyo sifatida namoyon etadi.

Kaolin, diatomit, paligorskit, tabiiy seolit va uglerodli komponentlar bentonit bilan birgalikda kompozit adsorbentlar olishda qo‘shimcha funksional xossalar beradi. Diatomit g‘ovaklikni oshiradi, kaolin mexanik va termik barqarorlikni kuchaytiradi, seolitlar molekulyar elak xususiyatini ta’minlaydi, uglerodli faza esa organik ifloslantiruvchilarni yutish qobiliyatini oshiradi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Xie S. et al. Application of clay minerals as adsorbents for removing heavy metals from the environment: A review. Green and Smart Mining Engineering, 2024.
2. Arabmofrad S., Lazzara G. et al. Surface modification of bentonite and montmorillonite as novel nano-adsorbents for the removal of phenols, heavy metals and drug residues. Advances in Colloid and Interface Science, 2024.
3. Wang P. et al. Clay-Based Materials for Heavy Metals Adsorption: Mechanisms, Advancements, and Future Prospects in Environmental Remediation. Crystals, 2024, 14(12), 1046.
4. Hamad H.N. et al. Optimized Bentonite Clay Adsorbents for Methylene Blue Removal. Processes, 2024, 12(4), 738.

ISSN 3030-3907

5. Gu S., Kang X., Wang L., Lichtfouse E., Wang C. Clay mineral adsorbents for heavy metal removal from wastewater: a review. Environmental Chemistry Letters, 2019, 17, 629–654.
6. Thommes M., Kaneko K., Neimark A.V. et al. Physisorption of gases, with special reference to the evaluation of surface area and pore size distribution. Pure and Applied Chemistry, 2015, 87, 1051–1069.
7. Kungratov K.A. Physicochemical and texture characteristics of natural bentonite. JournalNX, 2021, 7(10), 45–54.
8. Khamroyev J.X. et al. Analysis of texture characteristics of modified and activated Navbahor bentonite. Asian Journal of Multidimensional Research, 2021, 10(9), 382–393.
9. Khamroyev J.X. et al. Optimization of the acid activation process of bentonite. Academicia: An International Multidisciplinary Research Journal, 2021, 11(9), 589–597.
10. IUPAC Gold Book. Mesopore, micropore and macropore definitions. International Union of Pure and Applied Chemistry.
11. Bergaya F., Theng B.K.G., Lagaly G. Handbook of Clay Science. Elsevier, 2013.
12. Murray H.H. Applied Clay Mineralogy: Occurrences, Processing and Application of Kaolins, Bentonites, Palygorskite-Sepiolite, and Common Clays. Elsevier, 2007.
13. Uddin M.K. A review on the adsorption of heavy metals by clay minerals, with special focus on the past decade. Chemical Engineering Journal, 2017, 308, 438–462.
14. Bhattacharyya K.G., Gupta S.S. Adsorption of a few heavy metals on natural and modified kaolinite and montmorillonite: a review. Advances in Colloid and Interface Science, 2008, 140, 114–131.

ISSN 3030-3907