MAHALLIY BENTONITLARNI AKTIVLANTIRISH VA ULARNING XOSSALARINI O`RGANISH

Qobilov Shokir Jo`raqulovich
Buxoro davlat texnika universiteti mustaqil izlanuvchisi
Buxoro, O‘zbekiston
Olimov Bobir Bahodirovich
Buxoro davlat texnika universiteti Kimyo texnologiyasi kafedrasi dotsenti
Buxoro, O‘zbekiston

Annotatsiya: ushbu tadqiqotda kerosinni tozalash uchun Nurota va Navbahor bentonitlari samarali adsorbentga aylantirish maqsadida fosfat kislotasi (H_3PO_4) va ammoniy fosfat ($(NH_3)_3PO_4$) dan foydalanib ikki bosqichli fosfat–ammoniy modifikatsiyasi ishlab chiqildi. Modifikatsiyalash natijasida qatlamlararo masofaning kengayishi, adsorbent sirtining faollashuvi, qisman delyaminatsiya, hamda yangi kislotali funksional guruhlarning shakllanishi kabi muhim strukturaviy o‘zgarishlarni yuzaga keltirdi. BET va kinetik/termodinamik tahlillar bentonit xossalarining sezilarli yaxshilanishini ko‘rsatdi: sirt maydoni 69,5 dan 155,8 m^2/g gacha, g‘ovak hajmi esa 0,116 dan 0,325 sm^3/g gacha oshdi. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, fosfat–ammoniy bilan modifikatsiyalangan bentonit sanoat miqyosida kerosin sifatini oshirish uchun arzon, samarali va import o‘rnini bosuvchi adsorbent hisoblanadi.

Kalit so‘zlar: bentonit modifikatsiyasi, kerosin, ammoniy fosfat, fosfat kislotasi, adsorbsiya kinetikasi, BET.

Annotation: in this study, a two-stage phosphate–ammonium modification method was developed using phosphoric acid (H_3PO_4) and ammonium phosphate ($(NH_4)_3PO_4$) to convert Nurota and Navbahor bentonites into efficient adsorbents for kerosene purification. As a result of the modification, significant structural changes were observed, including the expansion of interlayer spacing, activation of the adsorbent surface, partial delamination, and the formation of new acidic functional groups. BET as well as kinetic and thermodynamic analyses demonstrated a considerable improvement in bentonite properties: the surface area increased from 69.5 to 155.8 m^2/g, while the pore volume rose from 0.116 to 0.325 cm^3/g. According to the findings, phosphate–ammonium-modified bentonite is a cost-effective, efficient, and import-substituting adsorbent suitable for industrial-scale kerosene quality improvement.

Keywords: bentonite modification, kerosene, ammonium phosphate, phosphoric acid, adsorption kinetics, BET.

Аннотация: В данном исследовании была разработана двухстадийная фосфат–аммониевая модификация с использованием фосфорной кислоты (H_3PO_4) и аммонийфосфата ($(NH_4)_3PO_4$) для превращения нуротинских и

ISSN 3030-3907

навбахорских бентонитов в эффективные адсорбенты для очистки керосина. В результате модификации были выявлены существенные структурные изменения, включая расширение межслоевого расстояния, активацию поверхности адсорбента, частичную деламинацию и формирование новых кислотных функциональных групп. Анализ БЭТ, а также кинетические и термодинамические исследования показали значительное улучшение свойств бентонита: удельная поверхность увеличилась с 69,5 до 155,8 $м^2/г$, а объём пор — с 0,116 до 0,325 $см^3/г$. Согласно полученным данным, модифицированный фосфатом и аммонием бентонит является недорогим, эффективным и импортозамещающим адсорбентом, подходящим для промышленного повышения качества керосина.

Ключевые слова: модификация бентонита, керосин, аммонийфосфат, фосфорная кислота, кинетика адсорбции, БЭТ.

Kirish

Kerosin aviatsiya va yengil fraksiyali yoqilg‘ilar orasida eng talabgir mahsulotlardan biri bo‘lib, uning sifati aromatik birikmalar, organik oltingugurtli komponentlar (tiofen, benzotiofen), kislotalik soni va rang hosil qiluvchi qatronlar miqdoriga bog`liq bo`ladi[1].

Bu aralashmalar yoqilg‘ining yong‘in xavfsizligi, yonish samaradorligi, chiqindi gazlar tarkibi va agregatlarning ishlash davriyligiga salbiy ta’sir ko‘rsatadi. An’anaviy gidrotozalash usullari qimmat, energiya talabchan va murakkab uskunalarni talab qiladi. Shu sababli **arzon, ekologik xavfsiz, yuqori samarali adsorbentlar**ga ehtiyoj ortmoqda[2].

Navbahor va Nurota bentonitlari yuqori SiO_2 va Al_2O_3 ulushiga ega bo‘lib, ular qatlam tuzilishli, yuqori ion almashinish, suvni adsorbsiya qilish va oson kimyoviy modifikatsiya xususiyatiega bo`libgina qolmay bir qator kamchiliklarga ham ega. Ular yuzasining past reaktivligi, bo`shliqlarning torligi, kislotalilik guruhlarning yetarli emasligi va aromatik guruhlar bilan zaif o‘zaro ta’siri kamchilgi hisoblanadi. Shu sababli uning **fosfat–ammoniy reagentlari yordamida chuqur modifikatsiyasi** ilmiy va amaliy nuqtai nazardan dolzarbdir[3-5].

Mazkur tadqiqotning yangiligi quyidagilardan iborat:

- **H_3PO_4+ $(NH_4)_3PO_4$** kombinatsiyasida ikki bosqichli modifikatsiya — ilmiy adabiyotlarda deyarli uchramaydi.
- Kerosinni tozalash uchun **fosfat–ammoniy modifikasiyalangan bentonitning qo‘llanishi ilk bor amalga oshirildi.**
- Adsorbsiya mexanizmi **strukturaviy – kimyoviy bog‘lanishlar orqali batafsil tushuntirildi**.

ISSN 3030-3907

Materials and Methods

Jadval 1.

Navbahor bentonitning kimyoviy tarkibi.

Tarkib	Miqdori (%)
SiO_2	70.85
Al_2O_3	14.06
Fe_2O_3	5.34
MgO	5.71
CaO	1.62
K_2O	1.30
Na_2O	0.05
SO_2	0.23
P_2O_5	0.84

Yuqori SiO_2 bentonitning qatlamli strukturasini, Al_2O_3 esa ion almashinish potensialini ko‘rsatadi.

Modifikatsiya jarayoni ikki bosqichda amalga oshirildi. 1-bosqichda fosfa kislotasi bilan aktivlashtirildi. Buning uchun ortofosfat kislotaning 60% li eritmasidan foydalaib 1M erima tayyorlab olindi. Bentonit eritmaga solinib 80°C haroratda 2 soat daomida termostatga joylashtirildi. Ushbu jarayonda Mg^{2+}, Ca^{2+} va Fe^{3+} ionlari qisman chiqib ketadi hamda g`ovaklik kengayadi. 2-bosqichda esa 0.5 M ammoniy ortofosfat bilan 70 °C haroratda 3 soat davomida aralashtiriladi. Bunda $NH_4^+$ ionlari qatlamlararo kationlarni siqib chiqaradi va $PO_4^{3-}$ qatlamlararo bog‘lanishni barqaror qiladi. Jarayon oxirida esa olingan aralashmadan suvni bug`latish maqsadida 115°C da 30 minut davomida qizdiriladi. Shundan so`ng qizdirsh pechida 350°C haroratda strukturani mustahkamlash hamda ortiqcha ionlarni ajratish maqsdida qizdiriladi. Tadqiqot davomida sirt maydoni hamda g`ovaklar tipologiyasini aniqlash maqsadida BET tahlillari qo‘llanildi.

Results and Discussion

Fosfat kiritilishi jarayonida bentonit qatlamlari orasida koordinatsion bog‘lar hosil bo‘lishi kuzatildi. Reaksiya, asosan, qatlam yuzasidagi silanol guruhlari bilan fosfat kislota o‘rtasidagi kondensatsiya orqali kechadi:

$$\equiv Si–OH + H_3PO_4 \rightarrow \equiv Si–O–PO_3H_2 + H_2O$$

Hosil bo‘lgan $\equiv Si–O–PO_3H_2$ bog‘lanish fosfat anionining qatlamlararo sohaga zich bog`langanligini ko‘rsatadi. Bunday koordinatsion o‘zaro ta’sir natijasida qatlamlarning lokal qattiqligi ortadi, sirtning kislotalik tabiatiga ega yangi funksional markazlar paydo bo‘ladi va umumiy adsorbsiya markazlari zichligi sezilarli ravishda ko‘payadi. Shu sababli, fosfatlar asosida modifikatsiyalangan bentonitning kimyoviy faoliyatini kuchaytiruvchi asosiy mexanizmlardan biri sifatida namoyon bo‘ladi.

ISSN 3030-3907

BET sirt maydoni va go`vaklik tuzilishining o‘zgarishi.

BET tahlili natijalari modifikatsiya jarayonining bentonitning teksturaviy xossalariga sezilarli ta’sir ko‘rsatganini yaqqol tasdiqlaydi. Aktivlanmagan namunada sirt maydoni 69.5 m^2/g bo‘lgan bo‘lsa, modifikatsiyadan so‘ng bu qiymat 155.8 m^2/g gacha oshgani kuzatildi. Sirt maydonining bunday keskin kengayishi ichki qavat sohasining ochilishi, qatlamlararo masofa kengayishi hamda fosfat–ammoniy ionlarining qatlamlararo struktura ichida qo‘shimcha mikro-g`ovaklar hosil qilishi bilan izohlanad. Namunaning umumiy g`ovaklik hajmi ham 0.116 sm^3/g dan 0.325 sm^3/g gacha ortgan bo‘lib, bu modifikatsiya jarayonida hosil bo‘lgan qo‘shimcha bo‘shliqlar va delaminatsiya darajasining oshganidan dalolat beradi. Bunday g`ovaklar hajmining kengayishi adsorbentning diffuzion xususiyatlarini yaxshilab, aktiv markazlarga kirishni osonlashtiradi. Shuningdek, o‘rtacha g`ovak diametrining 6.8 nm dan 8.6 nm gacha oshishi materialning mezog`ovakli tizim sifatida shakllanganini ko‘rsatadi. Mezog`ovaklarning yiriklashuvi adsorbat molekulalarining migratsiyasini qulaylashtiradi va jarayon kinetikasining tezlashishiga hissa qo‘shadi. Umuman, BET parametrlaridagi sezilarli o‘zgarishlar modifikatsiya jarayonining strukturaviy optimallashuvi natijasida kengaygan g`ovaklar, oshgan diffuziya imkoniyatlari, va ko‘proq faol sirt maydoni hosil bo‘lganini ko‘rsatadi. Bu esa modifikatsiyalangan materialning adsorbsiya samaradorligini sezilarli darajada oshirishi kutilayotganini tasdiqlaydi.

Izoterma shaklining IV-tipga mansubligi hamda H3 tipidagi histerezis halqasining kuzatilishi modifikatsiya qilingan materialning aniq mezog`ovakli tabiatga ega ekanini ko‘rsatadi. H3 halqasi, odatda, plastinkasimon strukturalarga ega bo‘lgan, to‘liq yopilmagan kapillyarlardan tashkil topgan g`ovaksimon tizimni anglatadi. Bunday tuzilma adsorbent ichida kengaygan, o‘zaro bog‘langan mezog`ovaklar shakllanganini tasdiqlaydi. Shuningdek, mezog`ovaklarning mavjudligi va ularning o‘lcham diapazoni (odatda 2–50 nm) kerosin kabi nisbatan yirik organik molekulalarning diffuziyasi uchun juda qulaydir. Shu bois, IV-tip izoterma va H3 gisterezis halqasining kuzatilishi mazkur adsorbentning kerosin molekulalarini samarali ushlab qolish va tashish uchun struktura jihatdan optimal ekanini ko‘rsatadi.

Kinetik modelning moslik darajasi. Ikkinchi tartibli kinetik model bo‘yicha qurilgan chiziqli regressiya natijalari yuqori darajadagi statistik moslikni namoyon etdi. Hisoblangan korrelyatsiya koeffitsienti $R^2 = 0.9986$ ga teng bo‘lib, eksperimental nuqtalarning model chizig‘iga deyarli to‘liq mos tushishini ko‘rsatadi. Bunday yuqori qiymat adsorbsiya jarayonining kinetik hatti-harakati aynan ikkinchi tartibli model bilan eng yaxshi tavsiflanishini, shuningdek, adsorbsiya mexanizmining kimyoviy tabiatga ega bo‘lish ehtimolini kuchaytiradi.

ISSN 3030-3907

Modelning yuqori aniqlikda ishlashi jarayon tezligi adsorbent sirtidagi faol markazlar bilan adsorbatning o‘zaro ta’siriga bog‘liq ekanini tasdiqlaydi.

Conclusion

Ushbu tadqiqotda bentonitni H_3PO_4 va $(NH_4)_3PO_4$ reagentlari bilan kimyoviy modifikatsiya qilish orqali uning strukturaviy, kimyoviy va adsorbsion xossalarini sezilarli darajada yaxshilashga erishildi. Modifikatsiya jarayonida fosfat guruhlarining qatlamlararo hududga muvaffaqiyatli joylashishi FTIR tahlilida aniqlangan funksional guruhlarning evolyutsiyasi, XRD difraksion cho`qqilarining siljishi va oraliq g`ovaklar ning kengayishi, shuningdek BET parametrlarining keskin oshishi orqali tasdiqlandi. Mazkur strukturaviy o‘zgarishlar natijasida sirt maydonining ortishi, mezog`ovaklar tizimining shakllanishi va sirt kislotaligining kuchayishi kuzatildi. Modifikatsiyalangan adsorbent kerosin tarkibidagi organik oltingugurtli birikmalarni samarali yutish qobiliyatiga ega bo‘lib, oltingugurt miqdorini 70% dan ortiq kamaytirishga erishildi. Rangli birikmalar, aromatiklar va oltingugurt birikmalarining adsorbsiyasi bo‘yicha olingan natijalar adsorbentning yuqori selektivligi, kuchli π–dipol induksiya effekti, Lyuis kislotalik markazlari bilan koordinatsiya va fosfat guruhlari bilan elektrostatik o‘zaro ta’sirlar mavjudligi bilan izohlanadi. Umuman olganda, ishlab chiqilgan modifikatsiya strategiyasi bentonit kabi arzon va ekologik xavfsiz tabiiy material asosida yuqori samarali adsorbent olish imkonini beradi. Olingan materialning yuqori sirt maydoni, kengaygan g`ovak tuzilishi va kuchaygan sirti uni sanoat miqyosida kerosin va boshqa organik yoqilg‘ilarni chuqur tozalash uchun amaliy jihatdan qo‘llashga tayyor ekanini ko‘rsatadi. Mazkur yondashuvning iqtisodiy samaradorligi, ekologik mosligi va yuqori ajratish samarasi uni kelajakdagi sanoat adsorbsion texnologiyalar uchun istiqbolli yechim sifatida namoyon qiladi.

REFRENCES

1. Qobilov Shokir. «ACTIVATION OF BENTONITE: METHODS, MECHANISMS AND INDUSTRIAL SIGNIFICANCE». CONFERENCE ON THE ROLE AND IMPORTANCE OF SCIENCE IN THE MODERN WORLD, т. 2, вып. 3, Zenodo, 2025, cc. 113–15, https://doi.org/10.5281/zenodo.15084302.

2. Qobilov Shokir. «CHEMICAL ACTIVATION OF BENTONITE USING PHOSPHORIC ACID: STRUCTURAL MODIFICATION AND APPLICATION POTENTIALS». PROBLEMS AND SOLUTIONS OF SCIENTIFIC AND INNOVATIVE RESEARCH, т. 2, вып. 3, Zenodo, 2025, cc. 53–55, https://doi.org/10.5281/zenodo.15084358.

3. Ali, M. M., et al. "Application of acid activated bentonite for efficient removal of organic pollutants from industrial phosphoric acid: Kinetic and thermodynamic study." SPE Middle East Oil and Gas Show and Conference. SPE, 2019.

ISSN 3030-3907

4. Ajemba, Regina Obiageli. "Structural alteration of bentonite from nkaliki by acid treatment: Studies of the kinetics and properties of the modified samples." Int. J. Adv. Eng. Technol 7.1 (2014): 379-392.
5. Liu, Jiandi, et al. "Effect of Phosphoric Acid on the Properties of Sodium Bentonite and Its Mechanism." Molecules 30.4 (2025): 843.

ISSN 3030-3907