

Optimization Of The Effect Of The Amount Of Iron Ions (Fe^{3+}/Fe^{2+}) In Angren Kaolin On The Synthesis And Crystallization Process Of A-Type Zeolite (Zeolite A)

A.B. Abdulkhayev¹, O.K. Ergashev¹, B.A. Toshmatova¹, A.A. Nodirov²

¹Namangan State Technical University, Namangan, Uzbekistan

²Namangan State Pedagogical Institute, Namangan, Uzbekistan

Abstract

In this study, methods for reducing iron (Fe^{3+}/Fe^{2+}) compounds in Angren kaolin were studied. The initial sample contained 1.32% Fe_2O_3 . As a result of magnetic separation, acidic and thermal-chemical treatment, the Fe_2O_3 content was reduced to 0.12%, and the degree of bleaching of kaolin exceeded 80%. The obtained purified kaolin was found to be a promising raw material for the production of zeolites, adsorbents and ceramic products.

Keywords; Angren kaolin, kaolinite, aluminosilicate, SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , Fe^{3+}/Fe^{2+} ions, goethite, oxalate, EDTA, complex ions, deironization, magnetic separation, thermal-chemical method, bleaching, Zeolite A.

Annotatsiya. Ushbu tadqiqotda Angren kaolini tarkibidagi temir (Fe^{3+}/Fe^{2+}) birikmalarini kamaytirish usullari o'rganildi. Dastlabki namunada Fe_2O_3 miqdori 1,32 % ni tashkil etdi. Magnit ajratish, kislotali va termal-kimyoviy ishlov berish natijasida Fe_2O_3 miqdori 0,12 % gacha kamaytirildi hamda kaolinning oqartirish darajasi 80 % dan oshdi. Olingan tozalangan kaolin zeolitlar, adsorbentlar va keramika mahsulotlari ishlab chiqarish uchun istiqbolli xomashyo ekanligi aniqlandi.

Kalit so'zlar. Angren kaolini, kaolinit, aluminosilikat, SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , Fe^{3+}/Fe^{2+} ionlari, goetit, oksalat, EDTA, kompleks ionlar, deironizatsiya, magnit ajratish, termik-kimyoviy usul, oqartirish, Zeolit A.

Hozirgi kunda mahalliy mineral xomashyolardan samarali foydalanish va ular asosida yuqori qo'shimcha qiymatga ega mahsulotlar ishlab chiqarish ilmiy hamda sanoat nuqtai nazaridan muhim ahamiyat kasb etmoqda. Bunday xomashyolar orasida kaolin o'zining aluminosilikat tabiati, yuqori kimyoviy barqarorligi va keng qo'llanilish sohalari bilan alohida o'rin egallaydi. Kaolin keramika, qog'oz, bo'yoq, rezina, farmatsevtika va kimyo sanoatida muhim xomashyo sifatida qo'llanilishi bilan bir qatorda, zeolitlar, adsorbentlar va katalizator tashuvchilarini sintez qilish uchun ham istiqbolli manba hisoblanadi [1].

O'zbekistonning yirik kaolin konlaridan biri bo'lgan Angren koni respublikaning muhim aluminosilikat xomashyo bazasini tashkil etadi. Angren kaolini asosan kaolinit mineralidan iborat bo'lib, uning tarkibida SiO_2 va Al_2O_3 asosiy komponentlar sifatida mavjud. Shu bilan birga, tabiiy kaolin tarkibida temir oksidlari ham uchraydi. Temir birikmalari kaolinning rang ko'rsatkichlari, kimyoviy faolligi va texnologik xossalari salbiy ta'sir ko'rsatib, undan yuqori sifatli mahsulotlar olish imkoniyatlarini cheklaydi [2].

Ma'lumotlarga ko'ra, Angren kaolini tarkibida Al_2O_3 miqdori 28–32 %, SiO_2 miqdori esa 48–52 % oraliqida bo'lib, Fe_2O_3 miqdori 0,7–1,4 % gacha yetadi. Temir oksidlarining mavjudligi kaolinning oqlik darajasini pasaytiradi hamda undan yuqori tozalikdagi zeolit A va adsorbentlar sintezida foydalanish samaradorligini kamaytiradi [3]. Shu sababli kaolinni deironizatsiyalash, ya'ni temir birikmalarini ajratib olish va ularning miqdorini minimallashtirish muhim ilmiy-amaliy vazifa hisoblanadi [4].

Mazkur tadqiqotning maqsadi Angren kaolini tarkibidagi temir birikmalarini kamaytirishning samarali usullarini o'rganish, tozalash jarayonining mineral tarkibga ta'sirini baholash hamda olingan mahsulotning zeolit sintezi uchun yaroqliligini aniqlashdan iborat. Tadqiqot natijalari mahalliy xomashyoni chuqur qayta ishlash texnologiyalarini takomillashtirish va import o'rnini

bosuvchi yuqori sifatli alumosilikat materiallar ishlab chiqarishni rivojlantirishga xizmat qiladi [5].

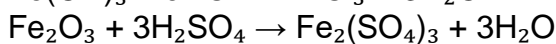
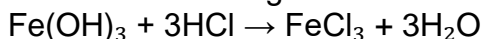
Angren kaolining asosiy mineral tarkibini kaolinit ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$), kvars, illit va gidromika tashkil etadi. Shuningdek, uning tarkibida goetit (FeOOH), gidrogetit hamda $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ ionlari ko'rinishidagi temir birikmalari mavjud. Ushbu aralashmalar kaolinning oqlik darajasini pasaytirib, keramika, qog'oz sanoati va zeolit sintezi uchun qo'llanilishini cheklaydi.

Kaolindagi temirni kamaytirishning asosiy usullari magnit separatsiya, kislotali yuvish va qaytaruvchi reagentlar bilan ishlov berishdan iborat. Magnit separatsiya yordamida temirli minerallar ajratib olinadi, H_2SO_4 va HCl kabi kislotalar esa temir ionlarini eritmaga o'tkazadi [6]. $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ bilan ishlov berish Fe^{3+} ionlarini Fe^{2+} holatiga qaytarib, ularning ajralishini osonlashtiradi [7]. Oksalat, sitrat va EDTA kabi kompleks hosil qiluvchi reagentlar temir ionlarining eritmada barqaror saqlanishini ta'minlaydi [8].

Tadqiqotlar natijasiga ko'ra, magnit separatsiya va kimyoviy yuvish usullarini birgalikda qo'llash Fe_2O_3 miqdorini 85–90 % gacha kamaytirish imkonini beradi [9]. Shu sababli ushbu usullar Angren kaolinitni zeolit A sintezi uchun tayyorlashda eng samarali texnologik yondashuvlardan biri hisoblanadi [10].

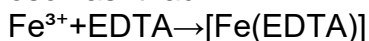
Kimyoviy tozalash usullari kaolin tarkibidagi temir birikmalarini mineral yuzasi va kristall panjarasidan eritmaga o'tkazish orqali ajratishga asoslanadi. Bu jarayonda HCl va H_2SO_4 kabi mineral kislotalar temir oksidlarini eruvchan ionlar holatiga o'tkazib, kaolinning oqlik darajasini oshiradi. Oksalat, sitrat va EDTA kabi kompleks hosil qiluvchi reagentlar temir ionlari bilan barqaror komplekslar hosil qilib, ularning ajralishini kuchaytiradi. Shuningdek, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ kabi qaytaruvchi moddalar Fe^{3+} ionlarini Fe^{2+} ga aylantirib, temirning eritmaga o'tish jarayonini tezlashtiradi.

Tadqiqotlar natijasida kimyoviy yuvish usullari Fe_2O_3 miqdorini sezilarli darajada kamaytirishi aniqlangan. Jarayonning asosiy mexanizmi temir ionlarining qattiq fazadan suyuq fazaga o'tishi va hosil bo'lgan eruvchan birikmalarining eritmada chiqarilishiga asoslanadi.



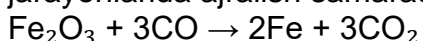
Kimyoviy ishlov berish jarayonida kislota eritmalarining konsentratsiyasi odatda 10–20 % dan oshmasligi va jarayon 80–95 °C haroratda taxminan 3 soat davomida olib borilishi maqsadga muvofiq hisoblanadi. Ushbu sharoitlarda kaolin tarkibidagi temir birikmalarining sezilarli qismi eritmaga o'tib, Fe miqdori 40–75 % gacha kamayishi mumkin.

Kaolinni organik komplekslovchi moddalar bilan tozalash jarayonida esa EDTA, oksalat va sitrat kabi ligandlar asosiy rol o'ynaydi. Ular temir ionlari bilan barqaror kompleks birikmalar hosil qilib, Fe ni mineral yuzasidan ajralishini va eritma fazasiga o'tishini sezilarli darajada osonlashtiradi.



Ushbu texnologik yondashuvda tozalangan kaolin zeolit sintezi uchun talab etiladigan yuqori kimyoviy tozalik darajasiga erishish imkonini beradi. Jarayon ekologik jihatdan nisbatan maqbul bo'lib, chiqindi reagentlarining mineral bilan mustahkam bog'lanmasligi va qaytaruvchilar hamda organik kompleks hosil qiluvchilarning past konsentratsiyalarda ham faollik ko'rsatishi tufayli atrof-muhitga tashlanadigan chiqindi miqdorini kamaytiradi.

Termik-kimyoviy ishlov bosqichida kaolin 500–700 °C oralig'ida kalsinatsiya qilinadi, bu esa temir va titan saqlovchi fazalarning kristall tuzilma va oksidlanish darajasi bo'yicha transformatsiyasiga sabab bo'ladi. Bunday harorat rejimi kaolinit qatlamlarining qisman dehidroksillanishiga olib kelib, aralashma oksidlarining metastabil yoki amorf holatga o'tishini tezlashtiradi. Natijada, Fe va Ti birikmalarining keyingi kimyoviy yuvish yoki fizik separatsiya jarayonlarida ajralish samaradorligi sezilarli ortadi.



Hosil bo'lgan Fe magnit ajratish orqali chiqariladi. Lekin bu usul titan uchun samarali emas.

Eng samarali gibrid tozalash yondashuvi HCl asosidagi gidrometallurgik yuvish va flotatsiya jarayonlarini ketma-ket qo'llashga asoslanadi bo'lib, bu usul temir saqlovchi fazalarni 70–85 % gacha kamaytirish imkonini beradi. Kaolin mineralogik xususiyatlari (genezisi, dispersligi, sirt zaryadi, qatlamlararo bog'lanish energiyasi hamda gematit va goetit kabi aksessor minerallar mavjudligi) tozalash jarayonini ko'p bosqichli va selektiv reagentlarga asoslangan texnologiya sifatida loyihalashni talab etadi. Angren kaolini uchun optimal sxema quyidagi ketma-ketlikda amalga oshiriladi: (1) mexanik maydalash va $\leq 74 \mu\text{m}$ fraksiyalash; (2) past intensivlikdagi magnit separatsiya orqali temirli minerallarning qo'pol fraksiyasini ajratish; (3) 10–15 % HCl eritmasida 80–90 °C da 2 soat kislotaga yuvish orqali Fe-oksidlari va izomorf temirni eritmaga o'tkazish; (4) yuvish, filtratsiya va quritish bosqichlari. Natijada kaolin tarkibidagi Fe_2O_3 miqdori sezilarli kamayib, xomashyo yuqori oqlikka ega, zeolit sintezi hamda funksional mineral materiallar olish uchun yaroqli tozalangan alumosilikat prekursoriga aylanadi.

O'tkazilgan tadqiqotlar Angren kaolini tarkibidagi temir birikmalarini kamaytirish uning sifat ko'rsatkichlarini sezilarli darajada yaxshilashini ko'rsatdi. Dastlabki namunada Fe_2O_3 miqdori 1,32 % ni tashkil etib, bu ko'rsatkich yuqori texnologik qo'llanmalar uchun yetarli emasligi aniqlandi. Mexanik fraksiyalash va magnit separatsiya temir birikmalarini qisman kamaytirgan bo'lsa-da, ularning samaradorligi cheklanganligi kuzatildi. Kimyoviy ishlov berish, xususan mineral va organik kislotalar hamda qaytaruvchi va kompleks hosil qiluvchi reagentlar qo'llanilganda temir ionlarining sezilarli darajada kamayishi ta'minlandi. Eng yuqori samaradorlik kombinatsiyalangan texnologiyalar — magnit separatsiya, kalsinatsiya va kimyoviy ishlov berish jarayonlarini ketma-ket qo'llash orqali erishildi. Natijada Fe_2O_3 miqdori 0,12 % gacha kamaydi, oqartirish darajasi esa 80 % dan oshdi. Olingan natijalar tozalangan Angren kaolinining keramika, qog'oz sanoati hamda zeolit va adsorbentlar sintezi uchun yuqori sifatli xomashyo sifatida istiqbolli ekanligini ko'rsatadi. Shu bilan birga, ushbu yondashuvlar mahalliy mineral resurslardan samarali foydalanish va import o'rnini bosuvchi texnologiyalarni rivojlantirish uchun ilmiy-amaliy asos bo'lib xizmat qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

- Rejabboev, Q. A., Abdulhayev, A. B., & Nodirov, A. A. (2026). YUQORI HARORATGA CHIDAMLI MOYLI EMULSIYALARNI ISHLAB CHIQUV VA SANOATDA QO'LLASH ISTIQBOLLARI. Qo'qon DPI. Ilmiy xabarlar jurnali, 8(2), 4-10.
- AB, A., Ergashev, O. K., & Toshmatova, B. A. (2025, September). Synthesis Characteristics Of Nalta And Calta Molecular Sieves Via Chemical Activation And Hydrothermal Methods. In International Conference on Global Trends and Innovations in Multidisciplinary Research (Vol. 1, No. 3, pp. 48-49).
- Sobirjon, A. A. N. A. M., & Nodiraxon, M. (2024). SURKOV KOMPOZIT MAHSULOTLARINI ISHLAB CHIQUVNING TEXNOLOGIK USULLARI. Innovations in technology and science education, 3(25), 132-138.
- Abdulhaev, A. I., Doliev, G. A., Umaraliev, J. F., & Xabibullayev, H. X. (2021). METHODS OF USING STEARATE SALTS IN THE PROCESSING OF METALS. International Journal of Advanced Technology and Natural Sciences, 2(2), 7-12.
- Abdulhayev, A. B., Ergashev, O. K., & Toshmatova, B. A. (2025). Synthesis Characteristics of Nalta And Calta Molecular Sieves Via Chemical Activation And Hydrothermal Methods. International Conference on Global Trends and Innovations in Multidisciplinary Research, 1(3), 48-49.
- Panda A.K. Acid activation of kaolin and removal of iron impurities // Applied Clay Science. – 2010. – Vol. 49. – P. 1–7.
- Veglio F. et al. Metal removal by reduction–complexation processes // Hydrometallurgy. – 1998. – Vol. 50. – P. 1–15.
- Ambikadevi V., Lalithambika M. Effect of organic acids on the removal of iron from kaolin // Applied Clay Science. – 2000. – Vol. 16. – P. 133–145.



Smith R.M., Martell A.E. Critical Stability Constants: Complexes with EDTA. – NIST, 2004.
Lee S. Chelating agents in mineral processing // Minerals Engineering. – 2006. – Vol. 19. – P.
1–9.