# CHARACTERIZATION AND LOW-TEMPERATURE STABILITY OF ION-EXCHANGE RESINS

**Safarov G'ulomjon Tulagan o'g'li**
Davlat kadastrlari palatasi Qashqadaryo viloyati boshqarmasi Inson resurslarini rivojlantirish va boshqarish sho'basi boshlig'i
Email: safarov121088@gmail.com
**DOI:https://doi.org/10.5281/zenodo.23169580**

**Annotatsiya** Mazkur tadqiqotda uranni ajratib olish jarayonlarida qo'llaniladigan ion almashinuvchi qatronlarning fizik-kimyoviy va texnologik xususiyatlari o'rganildi. Tadqiqotda BO-020, AMP, Purolite A-606, BD-706, Tulsion A-3663, Amberlite IRA-120, Resinacs va Dowex-1 markali ionitlarning granulometrik tarkibi, mexanik mustahkamligi, solishtirma sirt yuzasi, zichligi, g'ovaklik tuzilishi, tanlovchanligi, regeneratsiyalanish xususiyatlari hamda past haroratga chidamliligi baholandi. Natijalar ionitlar xususiyatlari o'rtasida sezilarli farqlar mavjudligini ko'rsatdi. BO-020 88% sifat darajasi va 65,00 $m^2/g$ solishtirma sirt yuzasi bilan yuqori natija ko'rsatdi. AMP uchun ushbu ko'rsatkichlar mos ravishda 85% va 54,00 $m^2/g$ ni tashkil etdi. Past harorat sinovlari muzlatish jarayonida mexanik mustahkamlik va zarracha o'lchamining o'zgarishini ko'rsatdi.

**Kalit so'zlar:** ion almashinuvchi qatronlar; uran ajratib olish; fizik-kimyoviy xususiyatlar; mexanik mustahkamlik; g'ovaklik; past haroratga chidamlilik.

## KIRISH

Ion almashinuvchi materiallar zamonaviy gidrometallurgik jarayonlarda eritmalardan kerakli ionlarni selektiv ajratib olish, ularni konsentratsiyalash va qayta ishlash samaradorligini oshirishda muhim ahamiyatga ega. Bunday materiallarning amaliy samaradorligi nafaqat ularning ion almashinish xususiyatlari, balki granula tuzilishi, funksional guruhlarning tabiati, eritma bilan o'zaro ta'sirlashish tezligi va ishlash jarayonidagi barqarorligi bilan ham belgilanadi. Shu sababli ionitlarni tanlashda faqat almashinish sig'imini hisobga olish yetarli bo'lmay, ularning kompleks ekspluatatsion xususiyatlarini baholash talab etiladi.

Ionitlarning ishlash samaradorligiga texnologik eritmaning tarkibi, muhitning kislotaliligi, ionlarning konsentratsiyasi, harorat, gidrodinamik sharoit va regeneratsiya jarayonlarining takroriyligi ta'sir ko'rsatadi. Ayniqsa, ionitlarning ko'p marotaba foydalanilishi davomida granulalarning fizik holati va funksional xususiyatlarida yuz beradigan o'zgarishlarni aniqlash texnologik jarayonning barqarorligini ta'minlash uchun muhimdir. Shu nuqtai nazardan, ionitlarning ekspluatatsion xususiyatlarini kompleks baholash ularni samarali texnologik jarayonlarga moslashtirish imkonini beradi.

Mazkur tezisda ion almashinuvchi materiallarning strukturaviy va ekspluatatsion xususiyatlarini kompleks baholashga e'tibor qaratiladi. Tadqiqotda ionitlarning granulometrik tarkibi, mexanik barqarorligi, g'ovaklik xususiyatlari va boshqa muhim ko'rsatkichlarining ularning amaliy qo'llanilishiga ta'siri tahlil qilinadi. Olingan natijalar ionitlarni tanlash, ulardan foydalanish sharoitlarini optimallashtirish hamda texnologik jarayonlarning samaradorligini oshirish uchun ilmiy-amaliy asos yaratadi.



© Ushbu material Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) litsenziyasi asosida tarqatiladi.

**TADQIQOT METODOLOGIYASI**

Tadqiqotda ion almashinuvchi materiallarning fizik-kimyoviy va ekspluatatsion xususiyatlarini kompleks baholash metodikasi qo‘llanildi. Tadqiqot obyekti sifatida BO-020, AMP, Purolite A-606, BD-706, Tulsion A-3663, Amberlite IRA-120, Resinacs va Dowex-1 ionitlari olindi. Ularning granulometrik tarkibi, mexanik mustahkamligi, zichligi, g‘ovaklik xususiyatlari, solishtirma sirt yuzasi va ion almashinish jarayoniga ta’sir qiluvchi asosiy ko‘rsatkichlari o‘rganildi.

Granulometrik tarkib nam va quruq elash usullari orqali aniqlanib, ionitlarning ishchi fraksiyasi va zarracha o‘lchamlarining taqsimlanishi baholandi. Mexanik mustahkamlik shishirilgan ionit namunalarini mexanik ta’sir ostida sinash va elakdan o‘tgan hamda saqlanib qolgan ishchi fraksiya miqdorini aniqlash orqali baholandi. G‘ovaklik va strukturaviy xususiyatlarni tavsiflashda solishtirma sirt yuzasi, haqiqiy va ko‘rinma zichlik, umumiy g‘ovak hajmi hamda o‘rtacha g‘ovak diametri ko‘rsatkichlari hisobga olindi.

Ionitlarning tashqi muhit ta’siridagi barqarorligini baholash uchun past harorat sharoitida sinovlar o‘tkazildi. Namunalar −25 °C haroratda 24 soat muzlatilib, keyin +20 °C haroratda 24 soat davomida eritildi. Muzlatishdan oldin va keyin mexanik mustahkamlik hamda o‘rtacha zarracha diametridagi o‘zgarishlar taqqoslandi. Zarracha o‘lchamining past harorat ta’siriga bog‘liqligini aniqlash uchun <0,3 mm, 0,3–0,8 mm va >0,8 mm fraksiyalar alohida baholandi. Olingan natijalar kompleks taqqoslash asosida ionitlarning strukturaviy barqarorligi va amaliy foydalanish imkoniyatlarini baholashga xizmat qildi.

**TADQIQOT METODOLOGIYASI**

Tadqiqotda ion almashinuvchi materiallarning fizik-kimyoviy va ekspluatatsion xususiyatlarini kompleks baholash metodikasi qo‘llanildi. Tadqiqot obyekti sifatida BO-020, AMP, Purolite A-606, BD-706, Tulsion A-3663, Amberlite IRA-120, Resinacs va Dowex-1 ionitlari olindi. Ularning granulometrik tarkibi, mexanik mustahkamligi, zichligi, g‘ovaklik xususiyatlari, solishtirma sirt yuzasi va ion almashinish jarayoniga ta’sir qiluvchi asosiy ko‘rsatkichlari o‘rganildi.

Granulometrik tarkib nam va quruq elash usullari orqali aniqlanib, ionitlarning ishchi fraksiyasi va zarracha o‘lchamlarining taqsimlanishi baholandi. Mexanik mustahkamlik shishirilgan ionit namunalarini mexanik ta’sir ostida sinash va elakdan o‘tgan hamda saqlanib qolgan ishchi fraksiya miqdorini aniqlash orqali baholandi. G‘ovaklik va strukturaviy xususiyatlarni tavsiflashda solishtirma sirt yuzasi, haqiqiy va ko‘rinma zichlik, umumiy g‘ovak hajmi hamda o‘rtacha g‘ovak diametri ko‘rsatkichlari hisobga olindi.

Ionitlarning tashqi muhit ta’siridagi barqarorligini baholash uchun past harorat sharoitida sinovlar o‘tkazildi. Namunalar −25 °C haroratda 24 soat muzlatilib, keyin +20 °C haroratda 24 soat davomida eritildi. Muzlatishdan oldin va keyin mexanik mustahkamlik hamda o‘rtacha zarracha diametridagi o‘zgarishlar taqqoslandi. Zarracha o‘lchamining past harorat ta’siriga bog‘liqligini aniqlash uchun <0,3 mm, 0,3–0,8 mm va >0,8 mm fraksiyalar alohida baholandi. Olingan natijalar kompleks taqqoslash asosida ionitlarning strukturaviy barqarorligi va amaliy foydalanish imkoniyatlarini baholashga xizmat qildi.

**NATIJALAR**

Tadqiqot natijalari o‘rganilgan ion almashinuvchi materiallarning granulometrik, mexanik va strukturaviy xususiyatlari bir-biridan sezilarli farq qilishini ko‘rsatdi. Granulometrik tarkib bo‘yicha eng yuqori ishchi fraksiya BO-020 ionitida kuzatildi. Umumiy granulometrik tarkib bo‘yicha ionitlar BO-020 > AMP > BD-706 > Resinacs > Purolite A-606 > Dowex-1 > Amberlite IRA-120 > Tulsion A-3663

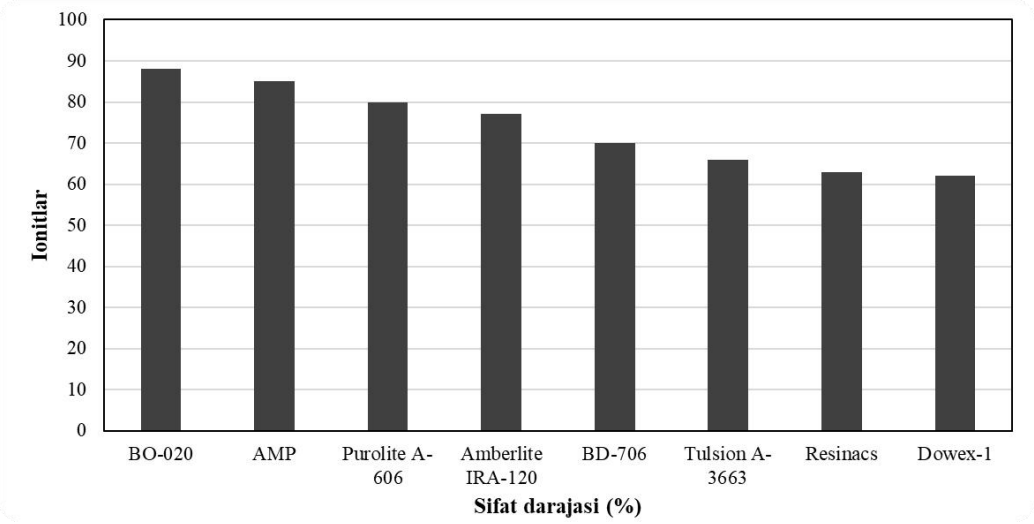


© Ushbu material Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) litsenziyasi asosida tarqatiladi.

ketma-ketligida joylashdi. Mexanik mustahkamlik natijalari esa AMP > BO-020 > Purolite A-606 > Tulsion > BD-706 > Amberlite IRA-120 > Dowex-1 tartibida bo'ldi.

Ionitlarning g'ovaklik va strukturaviy ko'rsatkichlari ham sezilarli tafovutlarni namoyon etdi. BO-020 ning solishtirma sirt yuzasi 65,00 $m^2/g$ bo'lib, eng yuqori qiymatni tashkil etdi. AMP - 54,00 $m^2/g$, BD-706 - 51,69 $m^2/g$, Resinacs - 40,00 $m^2/g$, Dowex-1 - 35,05 $m^2/g$, Purolite A-606 - 30,50 $m^2/g$, Tulsion A-3663 - 29,50 $m^2/g$ va Amberlite IRA-120 - 29,44 $m^2/g$ qiymatlarga ega bo'ldi. Ushbu natijalar ionitlarning ichki g'ovak tuzilishi va faol sirtining turlicha shakllanganligini ko'rsatadi.

Kompleks sifat baholashida BO-020 88%, AMP 85%, Purolite A-606 80%, Amberlite IRA-120 77%, BD-706 70%, Tulsion 66%, Resinacs 63% va Dowex-1 62% natijalarni ko'rsatdi. Shunday qilib, ionitlarning umumiy sifat ko'rsatkichi ularning alohida bir xususiyati bilan emas, balki granulometrik tarkib, mexanik mustahkamlik, strukturaviy xususiyatlar, zichlik, selektivlik va regeneratsiya ko'rsatkichlarining umumiy majmuasi bilan belgilanadi.




**1-rasm. Tadqiq qilingan ion almashinuvchi ionitlarning sifat darajasi**

Past harorat ta'sirini o'rganish natijalari ionit granulalarining mexanik holati va o'lchamlarida o'zgarishlar yuz berishini ko'rsatdi. A-606 namunasining birinchi tajriba namunasi uchun mexanik mustahkamlik 99,5% dan 81,0% gacha, o'rtacha zarracha diametri esa 0,85 mm dan 0,40 mm gacha kamaydi. AMP namunasida ushbu ko'rsatkichlar 99,5% dan 76,5% gacha va 0,85 mm dan 0,30 mm gacha o'zgardi. BO-020 da esa mexanik mustahkamlik 100,0% dan 83,5% gacha, zarracha diametri 0,95 mm dan 0,75 mm gacha kamaygan. Bu natijalar ionitlarning muzlatish jarayonidagi barqarorligi ularning strukturasi va granulometrik xususiyatlari bilan bog'liqligini ko'rsatadi.

Umuman olganda, natijalar BO-020 va AMP ionitlarida bir qator muhim fizik-mexanik va strukturaviy ko'rsatkichlarning nisbatan yuqori ekanligini ko'rsatdi. Past harorat sinovlari esa zarracha o'lchami va ionitning ichki tuzilishi kriodestruksiya jarayonining rivojlanishida muhim omillar ekanligini ko'rsatdi.

**XULOSA**

Tadqiqot natijalari ion almashinuvchi ionitlarning fizik-kimyoviy va ekspluatatsion xususiyatlari o'rtasida sezilarli farqlar mavjudligini ko'rsatdi. Granulometrik tarkib, mexanik mustahkamlik, solishtirma sirt yuzasi va boshqa strukturaviy ko'rsatkichlarni kompleks baholash natijasida BO-020 ioniti 88% sifat darajasi bilan yuqori natijani ko'rsatdi. Keyingi ko'rsatkichlar AMP - 85% va Purolite



© Ushbu material Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) litsenziyasi asosida tarqatiladi.

A-606 — 80% ni tashkil etdi. BO-020 ionitida solishtirma sirt yuzasining 65,00 $m^2/g$ ga tengligi ham uning strukturaviy xususiyatlari yuqori ekanligini ko'rsatdi.

Past harorat ta'sirida ionitlarning mexanik mustahkamligi va zarracha o'lchamida o'zgarishlar kuzatildi. Tadqiqot natijalari zarracha o'lchami, ichki tuzilish va mexanik xususiyatlar ionitlarning muzlatish jarayonidagi barqarorligiga ta'sir qilishini ko'rsatdi. Ayniqsa, yirik fraksiyalarda yorilish va parchalanish jarayonlari kuchliroq namoyon bo'ldi. Olingan natijalar ion almashinuvchi materiallarni tanlashda ularning alohida ko'rsatkichlari bilan bir qatorda fizik-mexanik, strukturaviy va past haroratga chidamlilik xususiyatlarini kompleks hisobga olish zarurligini ko'rsatadi.

## FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Chen, F., Lv, M., Ye, Y., Miao, S., Tang, X., Liu, Y., Liang, B., Qin, Z., Chen, Y., He, Z., & Wang, Y. (2022). Insights on uranium removal by ion exchange columns: The deactivation mechanisms and an overlooked biological pathway. Chemical Engineering Journal, 434, 134708.
2. Prusty, S., Somu, P., Sahoo, J. K., Panda, D., Sahoo, S. K., Lee, Y. R., Jarin, T., Sundar, L. S., & Rao, K. S. (2022). Adsorptive sequestration of noxious uranium(VI) from water resources: A comprehensive review. Chemosphere, 308, 136278.
3. Bai, J., Li, S., Yan, H., Jin, K., Gao, F., Zhang, C., & Wang, J. (2022). Processable amidoxime functionalized porous hyper-crosslinked polymer with highly efficient regeneration for uranium extraction. Journal of Molecular Liquids, 362, 119745.
4. Nouri-Khangah, B., Ghoddocynejad, D., Outokesh, M., & Saberyan, K. (2023). Developing a mini pilot resin-in-solution process for adsorption of uranium in Pachuca reactors: Case study of Saghand uranium ore of Central Iran. Hydrometallurgy, 222, 106198.
5. Youssef, W. M., Masoud, A. M., Elmaadawy, M. M., & Khawassek, Y. M. (2024). Uranium(VI) sorption from aqueous solution using commercial anion exchange resins: Kinetics, isotherm, and thermodynamic investigations. Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 333, 1975–1989.
6. Naik, M.-U.-D. (2024). Adsorbents for uranium capture from seawater for a clean energy source and environmental safety: A review. ACS Omega, 9(11), 12380–12402.
7. Das, A., Jana, A., Das, D., Biswas, S., Seshadri, H., Rao, M. S., & De, S. (2024). Efficient adsorption and desorption of uranium(VI) using a polymeric adsorbent: A combined theoretical and experimental approach with real-life alkaline leach liquor. Industrial & Engineering Chemistry Research, 63(13), 5845–5862.
8. Chen, W., Wang, J., Lin, X., Ma, X., Lin, B., Dai, X., & Li, L. (2024). Uranium adsorbents based on hypercross-linked asphalt polymers via a cyanide-free strategy. ACS Applied Polymer Materials, 6(9), 5394–5403.
9. Alnaief, M., Al-Shannag, M., Aljarrah, M., Funari Junior, R. A., Silva, L. F. O., Silva, M. L. O., & Dotto, G. L. (2025). Uranium recovery from real samples leached from deposits in Central Jordan using MonoPlus-M-800 commercial resin: A deep adsorption study. Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, 724, 137454.
10. Wizan, A., Ghoddocynejad, D., & Davachi, S. M. (2025). Comparative analysis of uranium adsorption by Varion-AP and A500 resins in a CSTR cascade: Modeling, optimization, and mass transfer insights. Journal of Water Process Engineering, 77, 108640.



© Ushbu material Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) litsenziyasi asosida tarqatiladi.