

GAZNI QURITISHDA ISHLATILGAN SEOLITLARNING XOSSALARINI O'RGANISH

Rustamov Doston Isroil o'g'li
Stajyor-tadqiqotchi,
Toshkent davlat texnika universiteti
Amirkulov Nuritdin Sayfullayevich
t.f.n., prof.,
Toshkent davlat texnika universiteti

Annotatsiya: Ushbu maqolada tabiiy gaz va uglevodorod gazlarini chuqur quritishda qo'llaniladigan seolitli molekulyar elaklarning adsorbsion, fizik-mexanik va regeneratsion xossalari ilmiy tahlil qilindi. Gazni quritish jarayonida seolitning samaradorligi faqat suv bug'ini yutish sig'imi bilan emas, balki g'ovak o'lchami, kation tarkibi, donadorlik, mexanik mustahkamlik, issiqlikka chidamlilik, massaalmashinish tezligi va ishlatilgandan keyingi ifloslanish darajasi bilan belgilanadi. Tadqiqot konsepsiyasi 3A, 4A, 5A va 13X turdagi seolitlarni solishtirish, ishlatilgan adsorbentlarda suv sig'imi pasayishi, g'ovaklarning bloklanishi, koks va tuzlar bilan ifloslanishi, regeneratsiya samaradorligi hamda kolonna bosim yo'qotilishiga ta'sirini baholashga yo'naltirildi. Maqolada seolitlarning xossalari aniqlash uchun gravimetrik namlik, statik suv adsorbsiyasi, BET yuzasi, XRD, FTIR, TGA/DSC, ezilish mustahkamligi va yirik-mayda fraksiya tahlili kabi metodlar tavsiya qilindi. Tahlil shuni ko'rsatadiki, 3A seoliti suvni selektiv yutishi sababli gazni chuqur quritishda eng xavfsiz adsorbentlardan biri hisoblanadi; 4A va 13X esa suv bilan birga CO₂, H₂S, merkaptanlar yoki kislorodli birikmalarni ham yutishi mumkinligi sababli ularni tanlash gaz tarkibi va texnologik maqsadga bog'liq. Ishlatilgan seolitlarning xossalari muntazam nazorat qilish adsorberning xizmat muddatini uzaytirish, regeneratsiya energiya sarfini kamaytirish va gazni qayta ishlash qurilmalarida gidratlanish, korroziya hamda muzlash xavfini pasaytirishda muhim ahamiyatga ega.

Kalit so'zlar: seolit, molekulyar elak, gazni quritish, adsorbsiya, regeneratsiya, shudring nuqtasi, suv sig'imi, tabiiy gaz, adsorber, g'ovaklik.

Abstract: This article analyzes the adsorption, physicochemical and regeneration properties of zeolite molecular sieves used for deep dehydration of natural gas and light hydrocarbon streams. The performance of zeolites in gas drying is determined not only by their water adsorption capacity, but also by pore aperture, cation composition, particle size distribution, crushing strength, thermal stability, mass-transfer rate and the degree of contamination after operation. The proposed research concept compares 3A, 4A, 5A and 13X zeolites and evaluates the deterioration of used adsorbents caused by pore blockage, coke and salt deposition, incomplete

regeneration and pressure-drop growth. Gravimetric moisture analysis, static water adsorption, BET surface area, XRD, FTIR, TGA/DSC, crushing strength and particle-fraction analysis are recommended for a reliable assessment. The study emphasizes that 3A zeolite is generally the most selective adsorbent for water removal, whereas 4A and 13X may also adsorb CO₂, H₂S, mercaptans and oxygenates; therefore, adsorbent selection must be linked to gas composition and process objectives.

Keywords: zeolite, molecular sieve, gas dehydration, adsorption, regeneration, dew point, water capacity, natural gas, adsorber, porosity.

Kirish: Tabiiy gaz tarkibidagi suv bug'i texnologik jarayonlar uchun eng xavfli aralashmalardan biridir. Gaz bosim ostida sovitilganda suv uglevodorodlar bilan gidrat hosil qilishi, quvurlar va issiqlik almashinish qurilmalarida muzlash, korroziya, klapanlarning tiqilib qolishi, kompressorlarning ishdan chiqishi va kriogen ajratish bloklarida avariya xavfini keltirib chiqarishi mumkin. Shu sababli gazni quritish neft-gazni qayta ishlash, NGL ajratish, LNG ishlab chiqarish, gaz transporti va neft-kimyolar jarayonlarining majburiy bosqichlaridan biri hisoblanadi.

Gazni quritishda trietilenglikol bilan adsorbsion quritish, sovitish-kondensatsiya, membrana texnologiyalari va qattiq adsorbentlar bilan quritish usullari qo'llaniladi. Biroq juda past namlik yoki past shudring nuqtasi talab etiladigan holatlarda seolitli molekulyar elaklar alohida ahamiyatga ega. Seolit kristall panjarasining muntazam g'ovak tuzilishi, gidrofil faol markazlari va regeneratsiyalanish qobiliyati ularni chuqur quritish jarayonlari uchun yuqori samarali adsorbentga aylantiradi.

Mavzuning dolzarbligi shundaki, ishlab chiqarish sharoitida seolit bir necha yuzlab adsorbsiya-regeneratsiya sikllaridan so'ng dastlabki xossalarini to'liq saqlab qolmaydi. Yuqori harorat, suv bug'i, kislota gazlari, amin va glikol qoldiqlari, og'ir uglevodorodlar, tuzlar va mexanik zarrachalar adsorbent yuzasi hamda g'ovak kanallariga salbiy ta'sir ko'rsatadi. Natijada adsorbentning suv sig'imi kamayadi, massaalmashinish zonasi kengayadi, quritilgan gazdagi namlik ortadi va kolonna bo'yicha bosim yo'qotilishi oshadi. Demak, ishlatilgan seolitlarning xossalarini chuqur o'rganish faqat laboratoriya masalasi emas, balki butun gaz tayyorlash qurilmasining barqarorligi va iqtisodiy samaradorligini belgilovchi amaliy muammodir.

Tadqiqotning maqsadi va vazifalari: Tadqiqotning maqsadi gazni quritishda ishlatilgan seolitlarning asosiy adsorbsion, strukturaviy va mexanik xossalarini baholash, ularning samaradorlikka ta'sirini aniqlash va adsorbentni tanlash hamda regeneratsiya rejimini optimallashtirish bo'yicha ilmiy asoslangan tavsiyalar ishlab chiqishdan iborat.

Ushbu maqsadga erishish uchun quyidagi vazifalar belgilanadi:

1. gazni quritishda qo'llaniladigan 3A, 4A, 5A va 13X turdagi seolitlarning tuzilishi va selektivligini solishtirish;
2. ishlatilgan seolitlarda suv adsorbsiyasi, qoldiq namlik, mexanik mustahkamlik va donadorlik tarkibining o'zgarishini baholash;
3. seolit g'ovaklarining bloklanishi, sirtning koks, tuzlar, amin, glikol va og'ir uglevodorodlar bilan ifloslanish mexanizmlarini izohlash;
4. regeneratsiya samaradorligini aniqlash va adsorbent xizmat muddatini uzaytiruvchi texnologik omillarni ko'rsatish;
5. gaz quritish adsorberlarida bosim yo'qotilishi, massaalmashinish zonasi va shudring nuqtasi barqarorligiga seolit xossalarning ta'sirini tahlil qilish.

Seolitlarning nazariy asoslari: **Seolitlar alyumosilikat tarkibli kristall adsorbentlar bo'lib, ularning umumiy tuzilishi SiO_4 va AlO_4 tetraedrlarining kislorod atomlari orqali bog'lanishidan hosil bo'ladi. Alyuminiy atomining panjaraga kirishi manfiy zaryad hosil qiladi; bu zaryad Na^+ , K^+ , Ca^{2+} kabi kationlar bilan kompensatsiyalanadi. Aynan kation tarkibi va kristall tuzilish g'ovak o'lchamini, adsorbsiya energiyasini va molekulalarni tanlab o'tkazish xususiyatini belgilaydi.**

Molekulyar elak effekti shundan iboratki, seolit g'ovaklariga faqat o'lchami g'ovak aperturasidan kichik bo'lgan molekulalar kira oladi. Suv molekulasini kichik kritik diametrga va yuqori dipol momentiga ega bo'lganligi sababli seolitning gidrofil markazlariga kuchli adsorbsiyalanadi. Metan va etan kabi asosiy gaz komponentlari esa tanlangan seolit turiga qarab yoki umuman yutilmaydi, yoki cheklangan miqdorda yutiladi. Bu xususiyat gazni quritishda adsorbentning selektivligini belgilaydi.

Gazni quritishda ishlatiladigan seolit turlari: **Sanoatda asosan 3A, 4A, 5A va 13X turdagi molekulyar elaklar ishlatiladi. Ularning farqi g'ovak o'lchami, almashinuvchi kationlar turi, suvga nisbatan selektivlik va qo'shimcha aralashmalarni yutish qobiliyati bilan belgilanadi. Noto'g'ri tanlangan seolit texnologik jihatdan xavfli bo'lishi mumkin: masalan, keng g'ovakli adsorbent suv bilan birga og'ir uglevodorodlarni ham yutib, regeneratsiya vaqtida koks hosil bo'lishi yoki issiqlik zarbasini kuchaytirishi mumkin.**

1-jadval. Gazni quritishda qo'llaniladigan seolitlarning taqqoslovchi tavsifi

Seolit turi	G'ovak o'lchami	Asosiy xususiyati	Gaz quritishdagi afzalligi	Ehtiyot bo'lish kerak bo'lgan jihat

3A	taxm. 3 Å	K ⁺ bilan almashgan A-tur seolit; suvga selektiv	Suvni chuqur ajratadi, ko'p uglevodorodlarni kiritmaydi	Agar gazda metanol yoki mayda polar aralashmalar bo'lsa, yutilish raqobati yuzaga keladi
4A	taxm. 4 Å	Na ⁺ shaklidagi A-tur seolit	Suv bilan birga ayrim kichik polar komponentlarni ham yutadi	CO ₂ , H ₂ S yoki boshqa komponentlar bilan raqobat adsorbsiyasi bo'lishi mumkin
5A	taxm. 5 Å	Ca ²⁺ bilan almashgan A-tur seolit	Normal parafinlarni ajratish va ayrim quritish jarayonlari uchun mos	Kengroq g'ovak og'irroq uglevodorodlar yutilishiga olib kelishi mumkin
13X	taxm. 10 Å	X-tur seolit; yuqori sig'imli adsorbent	Suv, CO ₂ , H ₂ S, merkaptanlar va kislorodli birikmalarni yutishi mumkin	Selektivligi pastroq: birgalikda adsorbsiya regeneratsiyani murakkablashtiradi

Jadvaldan ko'rinadiki, gazni faqat namlikdan chuqur quritish maqsad qilinganda 3A seolit ko'pincha eng maqbul tanlov bo'ladi. Agar jarayon suv bilan birga CO₂, H₂S yoki merkaptanlarni ham kamaytirishni talab qilsa, 4A yoki 13X turdagi adsorbentlar tanlanishi mumkin. Biroq bunday holatda adsorbentning tez to'yinishi, regeneratsiya energiyasi va xizmat muddati alohida hisobga olinishi zarur.

Tadqiqot obyekti va metodikasi: **Tadqiqot obyekti sifatida gazni quritish adsorberlarida ishlatilgan seolit namunalarini olish tavsiya qilinadi. Ishonchli taqqoslash uchun uch xil namuna guruhi shakllantiriladi: yangi adsorbent, normal ekspluatatsiyadan keyin olingan adsorbent va avariya yoki texnologik rejim buzilishidan keyin olingan adsorbent. Namuna adsorberning yuqori, o'rta va pastki qatlamidan alohida olinishi kerak, chunki suv va ifloslantiruvchi komponentlarning taqsimlanishi kolonna bo'ylab bir xil bo'lmaydi.**

Seolit xossalarini o'rganish faqat bitta ko'rsatkich bilan cheklanmasligi lozim. Masalan, namlikni yaxshi yutuvchi adsorbentning mexanik mustahkamligi past bo'lsa,

u kolonnada maydalanib, bosim yo'qotilishini oshiradi. Aksincha, mexanik jihatdan mustahkam adsorbentning g'ovaklari koks yoki tuz bilan bloklangan bo'lsa, u yetarli quritish chuqurligini ta'minlamaydi. Shuning uchun kompleks baholash metodikasi quyidagi yo'nalishlarni qamrab olishi kerak.

2-jadval. Ishlatilgan seolitalarni baholash metodlari

Ko'rsatkich	Aniqlash usuli	Ilmiy mazmuni	Amaliy xulosa
Qoldiq namlik	105-250 °C da gravimetrik quritish yoki TGA	Adsorbentda saqlangan suv miqdori	Regeneratsiya yetarliligini ko'rsatadi
Suv adsorbsiya sig'imi	Nam gaz yoki suv bug'i bilan statik/dinamik to'yintirish	Faol markazlar va g'ovaklarning ishga yaroqliligi	Adsorbentni almashtirish zaruratini baholaydi
BET yuzasi va g'ovak hajmi	N ₂ adsorbsiyasi-desorbsiyasi	Mikrog'ovaklarning ochiq yoki bloklanganligini ko'rsatadi	Koks/tuz/organik ifloslanish darajasini aniqlaydi
Kristall faza	XRD	Seolit panjarasining saqlanganligini baholaydi	Gidrotermal yemirilish yoki amorflanishni aniqlaydi
Funksional guruhlar	FTIR	Suv, gidroksil guruhlar, karbonat, organik qoldiq belgilari	Ifloslanish turini farqlaydi
Mexanik mustahkamlik	Ezilish, ishqalanish va changlanish testi	Donachaning yuk ostida barqarorligi	Bosim yo'qotilishi va qatlam yemirilishini prognoz qiladi
Regeneratsiya samaradorligi	To'yintirish-regeneratsiya sikli bo'yicha q _{H₂O} qayta tiklanishi	Adsorbentning qayta ishlashga yaroqliligi	Energiya sarfi va xizmat muddatini belgilaydi

Adsorbent xossalarini baholashda quyidagi ifodalardan foydalanish mumkin. Ular real tajriba natijalarini bir xil mezon bo'yicha solishtirish imkonini beradi.

$$\text{Namlik miqdori: } W = \frac{m_{nam} - m_{qur}}{m_{qur}} \cdot 100\%$$

$$\text{Suv adsorbsiya sig'imi: } q_{H_2O} = \frac{m_{toy} - m_{qur}}{m_{qur}}, \text{ g/g}$$

Regeneratsiya samaradorligi: $\eta_{reg} = \frac{q_{reg}}{q_{yan}} \cdot 100\%$

Adsorbentning nisbiy eskirishi: $D = \frac{q_{yan} - q_{ishla}}{q_{yan}} \cdot 100$

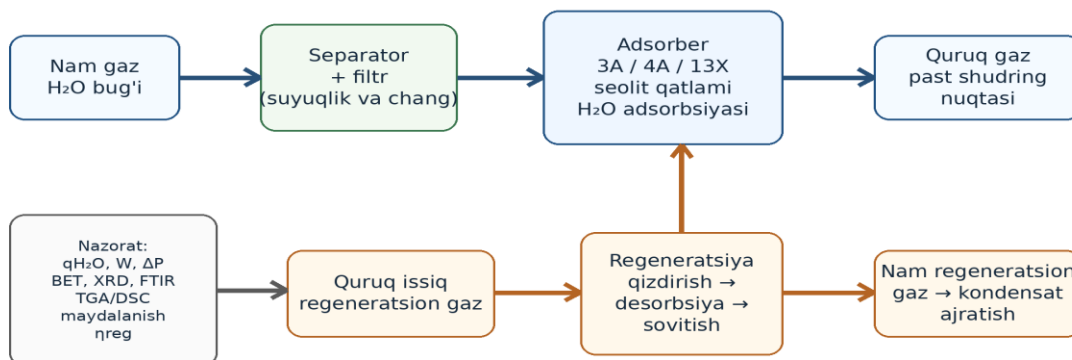
Kolonnadagi bosim yo'qotilishi: $\Delta P = P_{kirish} - P_{chiqish}$

Dinamik ishchi sig'im: $q_{dis} = \frac{G_{suv} \cdot \tau_{break}}{m_{ads}}$

Bu yerda m_{nam} - namuna dastlabki massasi, m_{qur} - quritilgandan keyingi massa, $m_{to'ry}$ - suv bug'i bilan to'yingan massa, q_{reg} - regeneratsiyadan keyingi qayta tiklangan suv sig'imi, q_{yan} - yangi seolitning suv sig'imi, G_{suv} - gaz oqimidagi suv miqdori, τ_{break} - namlik chiqishi boshlanguncha bo'lgan vaqt, m_{ads} - adsorbent massasi.

Texnologik jarayon sxemasi: **Seolitli quritish odatda ikki yoki undan ortiq adsorber kolonnasi bilan tashkil etiladi: bir kolonna adsorbsiya rejimida ishlaydi, ikkinchisi regeneratsiya va sovitish bosqichidan o'tadi. Bunday siklli ish rejimi gaz oqimining uzluksiz quritilishini ta'minlaydi.**

Seolitli adsorbsion gaz quritish jarayoni



Baqaror quritish: to'g'ri seolit tanlash + samarali oldindan ajratish + to'liq regeneratsiya + muntazam laboratoriya nazorati.

1-rasm. Seolitli adsorbsion gaz quritish jarayonining umumlashtirilgan sxemasi.

Suv adsorbsiyasi va seolit selektivligi: **Seolitlarning suvga nisbatan yuqori faolligi suv molekularining kichik o'lchami va yuqori qutbliligi bilan bog'liq. Suv molekulari kationlar joylashgan gidrofil markazlar bilan elektrostatik ta'sirlashadi va g'ovaklarda kuchli ushlanadi. Shuning uchun seolitlar past suvning qisman bosimida ham namlikni samarali ushlay oladi. Bu xususiyat ayniqsa kriogen jarayonlardan oldin zarur, chunki juda oz miqdordagi suv ham past haroratda gidrat yoki muz kristallari hosil qilishi mumkin.**

3A seolitining ustunligi uning g'ovak aperturasi bilan izohlanadi: suv molekulasini kiradi, biroq ko'plab uglevodorod molekulari g'ovak ichiga kira olmaydi. Shu sababli 3A seolit gazni asosan namlikdan tozalaydi va uglevodorodlarning ortiqcha yutilishi hamda regeneratsiya vaqtida koks hosil bo'lishi xavfini kamaytiradi. 13X seoliti esa sig'im jihatidan kuchli, ammo g'ovaklari keng bo'lganligi sababli suv bilan birga CO₂,

H₂S, merkaptanlar, metanol va boshqa polar molekullarni ham yutishi mumkin. Bu xususiyat ba'zan foydali, ba'zan esa adsorbentning tez to'yinishiga sabab bo'ladi.

Ishlatilgan seolilarda xossalari pasayishining sabablari: **Ishlatilgan seolilarning samaradorligi odatda uch asosiy sabab tufayli pasayadi: birinchisi - mikrog'ovaklarning koks, smolasimon modda, tuz, mexanik chang yoki korroziya mahsulotlari bilan bloklanishi; ikkinchisi - gidrotermal ta'sir natijasida kristall panjaraning qisman yemirilishi; uchinchisi - donachalarning maydalanishi va changlanishi. Ushbu omillar alohida-alohida emas, ko'pincha birgalikda ta'sir qiladi.**

Gaz oqimida suyuq suv tomchilari, glikol, amin eritmalari yoki og'ir uglevodorodlar bo'lsa, ular adsorbentning yuqori qismida seolit donachalari yuzasiga yopishadi. Keyingi regeneratsiya bosqichida yuqori harorat ta'sirida organik moddalar polimerlanishi yoki koksga aylanishi mumkin. Koks g'ovaklarni yopadi, issiqlik o'tkazuvchanligini o'zgartiradi va regeneratsiyani qiyinlashtiradi. Tuzlar va mexanik zarrachalar esa qatlam gidrodinamikasini yomonlashtirib, bosim yo'qotilishini oshiradi.

Mexanik yemirilish ham muhim muammo hisoblanadi. Adsorbent donachalari regeneratsiya vaqtida tez qizdirish-sovitish, gaz oqimining notekis taqsimlanishi va suyuqlik zarbalari natijasida mikroyoriqlar hosil qiladi. Chiqindisimon mayda fraksiya kolonnada kanal hosil bo'lishi yoki qatlamning zichlashib qolishiga olib keladi. Natijada gazning bir qismi adsorbent bilan yetarli kontakt qilmaydi, namlik erta yorib o'tadi va quritish chuqurligi pasayadi.

Regeneratsiya jarayonining xossalarga ta'siri: **Seolitli quritish qurilmalarida regeneratsiya ko'pincha temperatura almashinish adsorbsiyasi - TSA prinsipi asosida olib boriladi. Quruq issiq gaz adsorbent qatlamidan o'tkazilib, yutilgan suv desorbsiyalanadi. Keyin adsorbent sovitilib, navbatdagi adsorbsiya sikliga tayyorlanadi. Regeneratsiya yetarli bo'lmasa, qoldiq namlik faol markazlarni band qiladi va keyingi siklda suv sig'imi kamayadi. Regeneratsiya haddan tashqari keskin olib borilsa, energiya sarfi ortadi va adsorbentning gidrotermal hamda mexanik yemirilishi tezlashadi.**

Optimal regeneratsiya rejimi adsorbent turiga, qatlam balandligiga, gaz tarkibiga, dastlabki namlik miqdoriga va ifloslantiruvchi aralashmalar turiga qarab tanlanadi. Amaliy jihatdan eng muhim mezon - regeneratsiya gazining chiqishidagi suv konsentratsiyasi barqarorlashishi va adsorbentning keyingi siklda kerakli shudring nuqtasini ta'minlay olishidir. Faqat qizdirish haroratini oshirish muammoni hal qilmaydi; ko'pincha oldindan separatsiya, filtratsiya, regeneratsiya gazining tozaligi va sovitish bosqichi ham hal qiluvchi ahamiyatga ega bo'ladi.

Adsorbentni tanlash bo'yicha ilmiy-amaliy mezonlar: **Gazni quritish uchun seolit tanlashda faqat katalogdagi suv sig'imiga tayanish yetarli emas. Birinchidan, gaz tarkibidagi CO₂, H₂S, merkaptanlar, metanol, glikol va og'ir uglevodorodlar hisobga olinishi kerak. Ikkinchidan, adsorberning ish bosimi, harorati, sikl davomiyligi va regeneratsiya rejimi adsorbent xossalari bilan mos bo'lishi lozim. Uchinchidan, adsorbent donachasining shakli va o'lchami bosim yo'qotilishi hamda massaalmashinish tezligiga bevosita ta'sir qiladi.**

Agar maqsad faqat suvni chuqur ajratish bo'lsa, 3A turdagi molekulyar elak eng mantiqli tanlov bo'lishi mumkin. Agar quritish bilan birga ayrim kislota gazlari yoki polar aralashmalarni ham ushlab qolish kerak bo'lsa, 4A yoki 13X turlari ko'rib chiqiladi. Biroq bunday adsorbentlar gazdagi aralashmalar bilan tezroq to'yinishi mumkinligi sababli regeneratsiya energiyasi, xizmat muddati va qatlam ifloslanishi alohida hisoblanishi shart. Shu nuqtai nazardan, adsorbentni tanlash - oddiy xarid qarori emas, balki texnologik xavfsizlik va iqtisodiy samaradorlik qaroridir.

3-jadval. Ishlatilgan seolitlarda uchraydigan asosiy muammolar va ularning diagnostik belgilar

Muammo	Sabab	Laboratoriya belgisi	Texnologik oqibat
Suv sig'imining pasayishi	Faol markazlar band bo'lishi yoki g'ovak bloklanishi	qH ₂ O kamayadi, BET yuzasi pasayadi	Namlik erta yorib o'tadi
Koks yoki smolasimon qoldiq	Og'ir uglevodorodlar va suyuqlik carry-over	TGA da organik massaning yonishi, FTIR da C-H signallari	Regeneratsiya qiyinlashadi, adsorbent qizib ketadi
Tuz va mineral qoldiq	Suyuqlik tomchilari, korroziya, chang	Kul miqdori ortadi, SEM/EDS da Na, Ca, Fe, Cl belgisi	Bosim yo'qotilishi oshadi
Donacha maydalanishi	Issiqlik zarbasi, yuqori tezlik, mexanik yuk	Mayda fraksiya ko'payadi, crush strength pasayadi	Kanal hosil bo'lishi yoki qatlam zichlashishi
Kristall panjara yemirilishi	Gidrotermal ta'sir, kislota gazlari	XRD cho'qqilari susayadi	Qayta regeneratsiya bilan to'liq tiklanmaydi

Diagnostika natijalari asosida adsorbent uch toifaga ajratilishi mumkin: ishlatishga yaroqli, regeneratsiya yoki reaktivatsiya talab qiluvchi, almashtirish zarur bo'lgan adsorbent. Agar adsorbent suv sig'imi bo'yicha qoniqarli bo'lsa-yu, mexanik mustahkamligi pasaygan bo'lsa, uni qayta ishlatish xavfli. Chunki maydalanish

kolonnada bosim yo'qotilishini oshirib, butun qurilmani to'xtatishga olib kelishi mumkin. Shuningdek, organik qoldiq bilan kuchli ifloslangan adsorbentni yuqori haroratda regeneratsiya qilish koks hosil bo'lishini kuchaytirishi ehtimoli bor.

Maqolaning ilmiy ahamiyati shundaki, unda ishlatilgan seolitlarni baholash faqat suv adsorbsiyasi bilan cheklanmay, adsorbentning strukturaviy, mexanik, termik va texnologik xossalarini birgalikda tahlil qilish zarurligi asoslab berildi. Bunday yondashuv seolitning real ish qobiliyatini aniqroq baholaydi, chunki sanoat sharoitida adsorbent bir vaqtning o'zida namlik, issiqlik, kislota gazlari, organik modda va mexanik yuk ta'sirida ishlaydi.

Amaliy jihatdan ushbu tadqiqot gazni quritish qurilmalarida profilaktik nazorat tizimini ishlab chiqishga xizmat qiladi. Adsorbentning qoldiq namligi, suv sig'imi, maydalanish darajasi va regeneratsiya samaradorligini muntazam o'lchash orqali adsorberni avariyasiz ishlatish, quritilgan gaz sifatini barqarorlashtirish, LNG yoki NGL bloklarida muzlash xavfini kamaytirish va adsorbentni muddatidan oldin almashtirish bilan bog'liq xarajatlarni pasaytirish mumkin.

Xulosa

1. Gazni seolitlar yordamida quritish yuqori darajada selektiv, regeneratsiyalanuvchi va chuqur namlik ajratishni ta'minlovchi texnologiya bo'lib, ayniqsa kriogen gaz qayta ishlash jarayonlari oldidan muhim ahamiyatga ega.
2. 3A seoliti suv molekulariga nisbatan yuqori selektivligi sababli gazni faqat namlikdan quritishda eng maqbul adsorbentlardan biri hisoblanadi; 4A va 13X esa qo'shimcha aralashmalarni ham yutishi mumkinligi sababli ehtiyotkorlik bilan tanlanishi kerak.
3. Ishlatilgan seolitlarning asosiy muammolari suv sig'imining kamayishi, mikrog'ovaklarning bloklanishi, koks/tuz/amin/glikol bilan ifloslanish, mexanik maydalanish va regeneratsiya samaradorligining pasayishi bilan bog'liq.
4. Adsorbentni baholash uchun gravimetrik namlik, statik va dinamik suv adsorbsiyasi, BET, XRD, FTIR, TGA/DSC, ezilish mustahkamligi va fraksiya tarkibi kabi metodlarni birgalikda qo'llash zarur.
5. Seolit xossalarini muntazam monitoring qilish adsorber xizmat muddatini uzaytiradi, gaz shudring nuqtasini barqaror ushlab turadi, gidratlanish va korroziya xavfini kamaytiradi hamda regeneratsiya energiya sarfini optimallashtirishga imkon beradi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Terrigeol A. Molecular Sieves Contaminants: Effects, Consequences and Mitigation. GPA Europe Annual Conference, Berlin, 2012.
2. Honeywell UOP. UOP Adsorbent Solutions. Technical brochure, Honeywell UOP, 2020.

3. Honeywell UOP. Natural Gas Adsorbents: molecular sieve adsorbents for dehydration and purification of natural gas and NGL streams. Technical information page.
4. Arkema. Siliporite molecular sieves for natural gas processing. Technical product information.
5. Zeochem. Molecular Sieve Adsorbents. Technical brochure, 2023.
6. Kim K.M., Oh H.T., Lim S.J., Ho K., Park Y. Adsorption Equilibria of Water Vapor on Zeolite 3A, Zeolite 13X, and Dealuminated Y Zeolite. *Journal of Chemical & Engineering Data*, 2016, 61(4), 1547-1554. DOI: 10.1021/acs.jced.5b00927.
7. Wynnyk K.G., Hojjati B., Marriott R.A. Sour Gas and Water Adsorption on Common High-Pressure Desiccant Materials: Zeolite 3A, Zeolite 4A, and Silica Gel. *Journal of Chemical & Engineering Data*, 2019, 64(7), 3156-3163. DOI: 10.1021/acs.jced.9b00233.
8. Gabruś E., Nastaj J., Tabero P., Aleksandrak T. Experimental studies on 3A and 4A zeolite molecular sieves regeneration. *Chemical Engineering Journal*, 2015, 259, 232-242.
9. Simo M., Sivashanmugam S., Brown C.J., Hlavacek V. Adsorption/desorption of water and ethanol on 3A zeolite in near-adiabatic fixed bed. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 2009. DOI: 10.1021/ie900446v.