

**SULFOKATIONITLARNING ARTEZIAN SUVLARINI YUMSHATISHDAGI  
ION ALMASHINISH XOSSALARI (BUXORO VILOYATI MISOLIDA)**

**Mutalipova Diloromxon Baxtiyorjon qizi**

*Buxoro davlat universiteti, Kimyo va neft-gaz texnologiyalari kafedrası o'qituvchisi*

**Ibodov Eshmurod Tolib o'g'li**

*Buxoro davlat universiteti, Neft-gaz kimyosi yo'nalishi III bosqich talabasi*

**Annotatsiya.** *Maqolada Buxoro viloyati hududidagi artezian quduqlardan olingan suvlarning umumiy qattiqligini sulfokationitlar yordamida pasaytirish jarayoni o'rganildi. Tadqiqotda kuchli kislotali kationit KU-2-8 va Purolite C100 markali smolalar qo'llanildi. Boshlang'ich suvning umumiy qattiqligi 7,8–11,4 mg-ekv/l oralig'ida o'zgargan bo'lib, ishlov berilgandan keyin uning miqdori 0,05–0,12 mg-ekv/l gacha kamaydi. Smolaning dinamik almashinish sig'imi (DAS) o'rtacha 1450-1620 mg-ekv/l qatlam hajmiga teng bo'lganligi aniqlandi. Olingan natijalar kuchli kislotali sulfokationitlar Buxoro mintaqasidagi yer osti suvlarini sanoat va xo'jalik-ichimlik maqsadlari uchun yumshatishda samarali ekanligini ko'rsatadi.*

**Kalit so'zlar:** *sulfokationit, ion almashinish, suv qattiqligi, regeneratsiya, KU-2-8, Buxoro artezian suvi, dinamik sig'im.*

**Kirish**

Buxoro viloyati Markaziy Osiyodagi quruq iqlim mintaqasida joylashgan bo'lib, mahalliy yer osti suvlari yuqori minerallashtirish darajasi bilan ajralib turadi. Ko'pgina xo'jalik tarmoqlari issiqlik energetikasi, to'qimachilik, oziq-ovqat sanoati va kommunal xo'jalik suvning qattiqligi ko'rsatkichiga nisbatan o'ta sezgir. Yuqori qattiqlikdagi suv qozonlarda va issiqlik almashtirgichlarda karbonat hamda sulfat tuzli qatlamlar ("toshi") hosil qilib, asbob-uskunalarining ish unumdorligini sezilarli pasaytiradi, energiya sarfini oshiradi va metallardan tayyorlangan qismlarni korroziyaga uchratadi.

Suvni yumshatishning bir necha usullari mavjud: ohak-soda usuli, termik usul, teskari osmos va ion almashinuv usuli. Shulardan eng keng tarqalgani va texnologik jihatdan qulayi sintetik smolalar, xususan, sulfokationitlar yordamida amalga oshiriladigan ion almashinuv usulidir. Bu usul yuqori tozalanish darajasini ta'minlaydi, smolaning regeneratsiyalanish imkoniyati esa jarayonni iqtisodiy jihatdan asoslangan qilib qo'yadi (Lavrik, 2019; Karimov va boshq., 2021).

Buxoro viloyatidagi artezian suvlarining gidrokimyoviy tarkibi geologik xususiyatlar yura va bo'r yotqiziqlaridagi gips, angidrit hamda dolomit qatlamlari ta'sirida shakllanadi. Buning natijasida suvda  $Ca^{2+}$  va  $Mg^{2+}$  kationlari, shuningdek,  $SO_4^{2-}$  va  $HCO_3^-$  anionlarining ulushi yuqori bo'lib, suv sulfat-gidrokarbonatli tipga mansub bo'ladi. Shunday tarkibli suvga ishlov berishda sulfokationitlarning xossalari adabiyotlarda keltirilgan namunaviy shart-

sharoitlardan farq qilishi mumkin, shu sababli mahalliy manbalarni alohida o'rganish dolzarbdir.

Ushbu tadqiqotning maqsadi Buxoro viloyati Kogon va Romitan tumanlari hududidagi artezian quduqlardan olingan suv namunalarini sulfokationitlar (KU-2-8 va Purolite C100) yordamida yumshatish jarayonini eksperimental o'rganish, smolalarning dinamik almashinish sig'imini aniqlash hamda regeneratsiya sharoitlarini optimallashtirishdan iborat.

## **Materiallar va usullar**

**Tadqiqot obyekti.** Tadqiqot uchun Buxoro viloyatining Kogon (quduq № 1, chuqurligi 124 m) va Romitan (quduq № 2, chuqurligi 156 m) tumanlaridagi artezian quduqlardan 2025-yil sentabr-oktabr oylarida suv namunalari olindi. Namunalar polietilen idishlarga yig'ilib, laboratoriyaga olib kelinguncha +4 °C haroratda saqlandi. Tahlillar O'zDSt 950:2011 va GOST 23268.5–78 talablariga muvofiq amalga oshirildi.

**Reagentlar va smolalar.** Tajribalarda Rossiyada ishlab chiqarilgan KU-2-8 markali gelsimon kuchli kislotali sulfokationit (polistiroil asosida, divinilbenzol bilan 8% darajada tikilgan) hamda Buyuk Britaniyaning Purolite kompaniyasi tomonidan ishlab chiqarilgan Purolite C100 smolasi qo'llanildi. Regeneratsiya uchun 6-8% li NaCl eritmasi tayyorlandi (kimyoviy toza, GOST 4233-77). Boshqa reagentlar (trilon B, EDTA, ammoniyli bufer, erioxrom qora T indikator) analitik tozalikda edi.

**Tahlil usullari.** Umumiy qattqlik kompleksometrik usulda trilon B bilan titrlash orqali aniqlandi. Kalsiy alohida murexid indikator yordamida, magniy esa hisoblash usuli bilan topildi. Sulfat-ionlar gravimetrik ( $\text{BaSO}_4$  shaklida cho'ktirish), gidrokarbonat-ionlar atsdimetrik titrlash bilan o'lchandi. Suvning pH ko'rsatkichi I-160MI markali ionomerda, quruq qoldiq 105 °C da quritish orqali aniqlandi. O'lchashlarning takroriyiligi har bir namuna uchun 3 marotaba ta'minlanib, o'rtacha qiymat olindi (nisbiy xato  $\leq 4\%$ ).

**Eksperimental qurilma.** Ion almashinuv jarayoni ichki diametri 25 mm va balandligi 600 mm bo'lgan shisha kolonkada o'tkazildi. Smola qatlami hajmi 200 ml ni tashkil etdi. Suv kolonkaga yuqoridan pastga, 6-8 m/soat (taxminan 25 ml/min) tezlikda berildi. Filtrat har 30 daqiqada namuna sifatida olinib, qattqligi tekshirildi. Smola sig'imi to'yunguncha (filtratdagi qattqlik 0,1 mg-ekv/l dan oshganda) jarayon davom ettirildi.

## **Natijalar va ularning muhokamasi**

**Boshlang'ich suvning kimyoviy tarkibi.** Ikkala manbadan olingan suv namunalarining gidrokimyoviy ko'rsatkichlari 1-jadvalda keltirilgan. Olingan ma'lumotlardan ko'rinib turibdiki, Buxoro mintaqasidagi artezian suvlari yuqori darajada minerallashgan: quruq qoldiq 1,2-1,8 g/l oralig'ida, umumiy qattqlik esa O'zDSt 950:2011 da ichimlik suvi uchun belgilangan me'yor (7,0 mg-ekv/l) dan ancha yuqori.

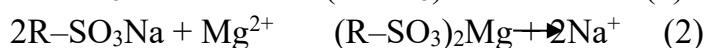
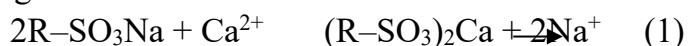
### **1-jadval**

#### **Buxoro viloyati artezian suvlarining boshlang'ich kimyoviy tarkibi**

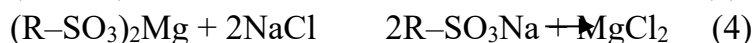
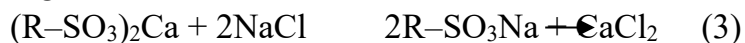
Ko'rsatkich	O'lchov birligi	Quduq № 1 (Kogon)	Quduq № 2 (Romitan)
pH	—	7,42	7,28
Quruq qoldiq	mg/l	1245	1780
Umumiy qattqlik	mg-ekv/l	7,8	11,4
Ca <sup>2+</sup>	mg/l	102,4	148,6
Mg <sup>2+</sup>	mg/l	33,8	48,5
Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup>	mg/l	164	226
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	298	256
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	mg/l	412	684
Cl <sup>-</sup>	mg/l	178	294

Quduq № 2 dan olingan suvda kalsiy va sulfat ionlarining miqdori sezilarli yuqori, bu hudud yer ostidagi gips qatlamlari bilan tig'iz kontaktda ekanini bildiradi. Bunday suvlarda CaSO<sub>4</sub> ning eruvchanligi cheklangan, shu sababli isitiladigan uskunalarda mustahkam, suvda yomon eriydigan qatlam hosil bo'ladi.

**Ion almashinuv jarayonining mexanizmi.** Sulfokationit suvdagi Ca<sup>2+</sup> va Mg<sup>2+</sup> kationlarini o'zining harakatchan Na<sup>+</sup> ionlari bilan almashtiradi. KU-2-8 smolasining funksional guruhi sulfo-guruh (–SO<sub>3</sub>H yoki natriyli shaklda –SO<sub>3</sub>Na). Jarayonni quyidagi tenglamalar bilan ifodalash mumkin:



Bu yerda R polimer matritsasi (polistiroil-divinilbenzol karkasi). Muvozanat o'ngga siljiganda smola "to'yinadi" qatlamida Ca<sup>2+</sup> va Mg<sup>2+</sup> ionlari to'planadi. Sig'im chegarasiga yetganda smola regeneratsiya qilinadi. Regeneratsiya jarayoni 6–8% li NaCl eritmasi bilan amalga oshiriladi:



Regeneratsiya tugagach, smola yangi ish siklini boshlash uchun tayyor holatga keladi. (1) va (2) tenglamalardagi muvozanat konstantasi smolaning Ca<sup>2+</sup> va Mg<sup>2+</sup> ga bo'lgan selektivligini ifodalaydi: KU-2-8 uchun selektivlik qatori K(Ca) > K(Mg) > K(Na) tartibida bo'lib, ko'p valentli kationlar smolaga mahkamroq tutiladi.

**Yumshatishning samaradorligi.** Tadqiqot davomida filtratdagi qattqlikning vaqtga (qatlamdan o'tgan suv hajmiga) bog'liqligi o'rganildi. Natijalar 2-jadvalda umumlashtirilgan.

2-jadval

Sulfokationit qatlamidan o'tgan suv hajmiga qarab filtratning qattiqligi

O'tgan suv hajmi, l	KU-2-8 (Quduq № 1), mg-ekv/l	KU-2-8 (Quduq № 2), mg-ekv/l	Purolite C100 (Quduq № 2), mg-ekv/l
5	0,05	0,08	0,06
10	0,06	0,10	0,07
20	0,07	0,11	0,08
30	0,09	0,14	0,10
36	0,12	0,28	0,12
40	0,21	0,86	0,18
45	0,68	2,42	0,54

2-jadvaldan natijalaridan ko'rinib turibdiki, qattiqligi past suv (Quduq № 1) bilan ishlaganda KU-2-8 smolasi 36 litr suvni yumshata oldi va filtratdagi qattqlik 0,12 mg-ekv/l darajasida saqlandi. Qattiqligi yuqori suv (Quduq № 2) bilan ishlanganda esa to'yinish ancha tezroq, taxminan 30-litrdan keyin sezila boshladi. Purolite C100 smolasi xuddi shu sharoitda biroz yuqoriroq samaradorlik ko'rsatdi, bu uning yanada bir tekis donador strukturasi va yaxshilangan kinetik xossalari bilan izohlanadi.

**Dinamik almashinish sig'imi.** Smolaning dinamik almashinish sig'imi (DAS) quyidagi formula bo'yicha hisoblandi:

$$DAS = (J_0 \times V) / V_{smola} \quad (5)$$

bu yerda  $J_0$  boshlang'ich suvning qattiqligi (mg-ekv/l),  $V$  to'yinishgacha o'tgan suv hajmi (l),  $V_{smola}$  smola qatlami hajmi (l). Hisoblashlar natijalari 3-jadvalda jamlangan.

3-jadval

Sulfokationitlarning dinamik almashinish sig'imi va regeneratsiya darajasi

Smola va manba	DAS, mg-ekv/l qatlam	NaCl sarfi, g/g-ekv	Regeneratsiya darajasi, %
1 KU-2-8 + Quduq № 1	1620	142	94,8
2 KU-2-8 + Quduq № 2	1450	158	91,3

Smola va manba	DAS, mg-ekv/l qatlam	NaCl sarfi, g/g-ekv	Regeneratsiya darajasi, %
Purolite C100 + Quduq № 2	1570	136	95,6

Qattiqlik darajasi yuqori bo'lgan suv bilan ishlaganda smolaning DAS ko'rsatkichi nisbatan past bu suvdagi yuqori sulfat fonida kationitning sulfo-guruhlarini atrofida "raqobat effekti" yuzaga kelishi bilan bog'liq. Ya'ni,  $SO_4^{2-}$  ionlari  $Ca^{2+}$  kationlarini eritmada barqaror  $Ca^{2+} \cdots SO_4^{2-}$  ion juftlari shaklida ushlab turishga moyilligi, ularning smolaga o'tish kinetikasini biroz sekinlashtiradi.

Tajribalar shuni ko'rsatdiki, 6% li NaCl eritmasi 8 m/soat tezlikda 60 daqiqa davomida o'tkazilganda, qaytarish darajasi 91-96% atrofida bo'ldi. Eritma konsentratsiyasini 8% gacha oshirish regeneratsiya samaradorligini deyarli o'zgartirmadi, ammo tuz sarfini sezilarli oshirdi, bu iqtisodiy nuqtai nazardan oqlanmaydi. Shu sababli optimal sharoit sifatida 6% li NaCl eritmasi tavsiya etildi.

**Olingan natijalarning amaliy ahamiyati.** Buxoro viloyati sharoitida sulfokationit smolalari yordamida artezian suvini yumshatish texnologiyasi sanoat qozonxonalarini, issiqlik elektr stansiyalari va mahalliy paxta tozalash zavodlari uchun amaliy ahamiyatga ega. Hisoblashlarga ko'ra, sutkasiga 100 m<sup>3</sup> suvga ishlov beradigan qurilma uchun KU-2-8 smolasining sarfi yiliga taxminan 2,4–2,8 m<sup>3</sup> ni tashkil etadi (smola xizmat muddati 4–5 yil deb olinganda). Bu, mintaqa sharoitida nisbatan past ekspluatatsiya xarajatlarini ko'rsatadi.

### Xulosa

1. Buxoro viloyati artezian suvlari yuqori darajada minerallashtirilgan, sulfat-gidrokarbonatli kalsiyli tipga mansub bo'lib, umumiy qattiqligi 7,8–11,4 mg-ekv/l oralig'ida o'zgaradi, bu ichimlik va texnologik me'yorlardan yuqori.

2. KU-2-8 va Purolite C100 sulfokationitlari yordamida olib borilgan eksperimentlar mahalliy artezian suvlarini 0,05–0,12 mg-ekv/l darajagacha samarali yumshatish mumkinligini ko'rsatdi. Bu "chuqur yumshatilgan suv" toifasiga to'g'ri keladi.

3. Smolaning dinamik almashinish sig'imi KU-2-8 uchun 1450–1620 mg-ekv/l qatlam, Purolite C100 uchun 1570 mg-ekv/l qatlam hajmi bo'lib, bu xalqaro adabiyotlarda keltirilgan o'rtacha ko'rsatkichlarga muvofiq keladi.

4. Optimal regeneratsiya sharoiti sifatida 6% li NaCl eritmasi, oqim tezligi 8 m/soat va davomiyligi 60 daqiqa belgilandi; bunda regeneratsiya darajasi 91-96% ni tashkil etadi.

5. Tavsiya etilgan texnologiya Buxoro viloyatidagi sanoat va kommunal xo'jalik korxonalarida suv tayyorlash sxemalariga jiddiy moslashtirishlarsiz joriy etilishi mumkin.

**Foydalanilgan adabiyotlar**

1. Lavrik V.I. Ion almashinuv: nazariya va amaliyot. — Moskva: Ximiya, 2019. — 312 b.
2. Karimov B.X., Tursunov A.A., Mirzayev Sh.M. Suvni tayyorlash texnologiyasi. — Toshkent: Fan va texnologiya, 2021. — 224 b.
3. O'zDSt 950:2011. Ichimlik suvi. Gigienik talablar va sifat nazorati. — Toshkent: O'zstandart agentligi, 2011. — 28 b.
4. Helfferich F. Ion Exchange. — New York: Dover Publications, 1995. — 624 p.
5. Inglezakis V.J., Pouloupoulos S.G. Adsorption, Ion Exchange and Catalysis: Design of Operations and Environmental Applications. — Amsterdam: Elsevier, 2006. — 614 p.
6. Saidov M.M., Yusupov A.X. Buxoro viloyati yer osti suvlarining gidrokimyoviy xususiyatlari // O'zbekiston geologiya jurnali. — 2020. — № 4. — B. 67–74.
7. Purolite Technical Data Sheet. C100 Strong Acid Cation Resin. — Purolite Corporation, 2022.
8. Tursunov F.X., Eshmurodov A. Issiqlik energetikasida suv tayyorlash // Energetika va resurslar tejamkorligi. — 2022. — № 2. — B. 45–52.