ISNN 3030-3907

2026
MAY
ISSUE - 5
VOLUME -11

DEVELOPMENT OF SCIENCE

scientific journal



Development of science

Ilmiy jurnal

MAY 2026
Issue - 5, VOLUME – 11

ISSN 3030 -3907

Ilmiy jurnal OAK rayosatining 2024 yil 27 sentabrdagi 361-son qaroriga asosan 02.00.00 kimyo fanlari hamda 2025 yil 12 fevral 367- son qaroriga asosan 05.00.00 texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro‘yxatiga kiritilgan.

BOSH MUHARRIR:
Temirov Alisher Hoshim o‘g‘li – texnika fanlari falsafa doktori (PhD),Dotsent.
TAHRIRIYAT KENGASH RAISI:
Fozilov Sadriddin Fayzullayevich – texnika fanlari doktori, professor
TAHRIRIYAT KENGASH A’ZOLARI

TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Bozorov G‘ayrat Rashidovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Abdurahmonov Olim Rustamovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Adizov Bobur Zamirovich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti, professor
Hayitov Ruslan Rustamjonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Jumayev Qayum Karimovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Berdiyev Dorob Murodovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor
Maxmudov Rafiq Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Tilloyev Lochin Ismatilloyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Raxmonov Qahramon Sanakulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Barakayev Nusratullo Rajabovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor.
Jo‘rayev Xayrullo Fayziyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Panoyev Erali Rajabboyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Ataullayev Sherzod Nabiullyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Malik Negmurodovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Axmedova Ozoda Bahronovna
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti.
Safarov Bahri Jumayevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Xaydarov Axtam Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Safarov Jasur Alijon o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Axmedov Voxid Nizomovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Umarov Baqo Bafoyevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Kodirov Abduaxad Abduraximovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Qurbonov Mingniqul Jumagulovich
Qarshi davlat Universiteti, dotsent
Turemuratov Sharibay Naurizbaevich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Qoraqalpog‘iston bo‘limi Bosh ilmiy kotibi, professor
Tursunov Kaxor Shonazarovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Do‘stov Hamro
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Panoyev Nodir Shavkatovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Olimov Bobur Bahodir o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Kasimov Sherzod Abduazimovich
Termiz Davlat Universiteti, professor.
Aliqulov Rustam Valiyevich
Termiz Davlat Universiteti, professor
Tropov Xamza Tursunovich
Samarqand Davlat Universiteti, professor

IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Nizamov Aslitdin Badreddinovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Boboyev Akmal Choriyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Ergashxojayeva Shaxnoza Djasurovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Saidaxmedova Nodira Ilxomovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Muxsinov Bekzod Toxirovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shakarov Qulmat Ashirovich
Renessans ta'lim universiteti,dotsent.
Jumaeva Zulfiya Qayumovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Norova Salomat Yusupovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Avezova Shaxnoza Maxmudjonovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Jalilov Jamshid G‘anijonovich
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, dotsent
Xasanova Gulruh Djumanazarovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Siddiqova Sadoqat G‘afforovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Zoyirov Erkin Xalilovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, DSc, professor
Gaffarov Feruz Hasanovich
Puchon Universiteti, *professor*
Ruziyev Davron Yuldashevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Muradova Firuza Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Yunusova Gulandon Samiyevna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
To‘xtayeva Zebo Sharifovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Navro‘zova Gulchixra Nigmatovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Uzoqova Laylo Polvonovna
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.
To‘raqulova Marjona Qiyom qizi
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Muradova Zarina Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Sanjar Aslonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shodiyev Jahongir Jo‘raqulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent
Gaffarov Laziz Hasanovich
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.

Tahririyat a’zolarning to‘liq ro‘yxati jurnalning www.devos.uz saytida keltirilgan.

Tahririyat hay’ati a’zolarining tarkibini o‘zgartirish hamda qo‘shimcha kiritish yoki tahririyat a’zoligidan chiqarish bosh muharrir tomonidan amalga oshiriladi.

ISSN 3030-3907

Development of science ilmiy jurnali 2024 yil 15 aprel kuni №256445 sonli guvohnoma bilan Davlat ro‘yxatidan o‘tgan.

To‘plam elektron ko‘rinishda (pdf formatida) mualliflarga taqdim etiladi. To‘plamga kiritiladigan maqolalarning mazmuni, ulardagi statistik ma’lumotlar va me’yoriy hujjatlarning to‘g‘riligiga hamda har qanday fikr - mulohazalarga mualliflarning o‘zlari mas’ul hisoblanadilar. Talablarga javob bermaydigan maqolalar to‘plamga kiritilmaydi. Tashkiliy qo‘mita maqola matnini qisqartirish, qisman tuzatish kiritish, seksiyalarga joylashtirish huquqiga ega.

ISSN 3030-3907

ION ALMASHINISH ASOSIDAGI KATIONITLAR YORDAMIDA SUV QATTIQLIGINI KAMAYTIRISH JARAYONINING SAMARADORLIGINI TADQIQ QILISH

Mutalipova Diloromxon Baxtiyorjon qizi
Buxoro davlat universiteti Kimyo va neft-gaz texnologiyalari kafedrasi o‘qituvchisi, Buxoro shahri, O‘zbekiston
Ibodov Eshmurod Tolib o‘g‘li
Buxoro davlat universiteti Neft-gaz kimyosi yo‘nalishi III bosqich talabasi, Buxoro shahri, O‘zbekiston

Annotatsiya. Maqolada Buxoro viloyati shimoliy hududidan olingan artezian quduq suvini ion almashinish texnologiyasi yordamida yumshatish jarayoni o‘rganildi. Sinov ob’yekti sifatida boshlang‘ich umumiy qattiqligi 12,0 mg-ekv/l ga teng bo‘lgan quduq suvi olindi. Ish jarayonida uchta sulfokationit KU-2, KU-2-8 va Amberlite IR-120 larning yumshatish samaradorligi qiyosiy ravishda baholandi. Filtratdagi qoldiq qattiqlik trilonometrik usulda, kalsiy va magniy ionlarining alohida konsentratsiyalari atomli-absorbsion spektroskopiya orqali aniqlandi. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, KU-2-8 markali kationit ustunidan dastlabki 140 ml suv 1,5 mg-ekv/l dan past darajada yumshatildi; uning shu sharoit uchun ish almashish sig‘imi 1680 g-ekv/m³ ni tashkil etdi. 10% li natriy xlorid eritmasi bilan regeneratsiya o‘ninchi siklda kationitning dastlabki faolligi 85% dan ortig‘ini saqladi. Olingan natijalar mintaqa sharoitida ion almashinish usuli orqali yuqori minerallashgan suvlarni yumshatishning amaliy imkoniyatini asoslab berdi.

Kalit so‘zlar: suv qattiqligi, ion almashinish, sulfokationit, KU-2-8, regeneratsiya, almashish sig‘imi, Buxoro yer osti suvi, kalsiy, magniy, trilonometriya.

Аннотация. В статье исследован процесс умягчения артезианской воды, отобранной в северной части Бухарской области, с использованием ионообменной технологии. Исходная общая жесткость воды составляла 12,0 мг-экв/л. На примере трёх сульфокатионитов (КУ-2, КУ-2-8 и Amberlite IR-120) сравнительно оценена их эффективность. Остаточная жесткость фильтрата определена трилонометрическим методом, а концентрации ионов Ca^{2+} и Mg^{2+} — атомно-абсорбционной спектроскопией. Катионит КУ-2-8 позволил умягчить первые 140 мл воды ниже 1,5 мг-экв/л; рабочая обменная емкость в этих условиях равнялась 1680 г-экв/м³. Регенерация 10%-ным раствором NaCl после десяти циклов сохранила более 85% исходной активности. Полученные результаты подтверждают практическую пригодность ионообменного метода для высокоминерализованных вод данного региона.

ISSN 3030-3907

Ключевые слова: жесткость воды, ионный обмен, сульфокатионит, КУ-2-8, регенерация, обменная емкость, Бухарская подземная вода, кальций, магний.

Abstract. The article presents the results of softening highly mineralized artesian groundwater taken from the northern part of the Bukhara region by ion-exchange technology. The initial total hardness of the water amounted to 12.0 meq/L. The softening efficiency of three sulfocationites — KU-2, KU-2-8 and Amberlite IR-120 — was comparatively evaluated. Residual hardness of the filtrate was determined by the trilonometric method, while the individual concentrations of Ca^{2+} and Mg^{2+} ions were measured by atomic absorption spectroscopy. It was established that the KU-2-8 column softened the first 140 mL of water below 1.5 meq/L, with a working exchange capacity of 1680 g-eq/m³ under the given conditions. After ten cycles of regeneration with 10% NaCl solution, the cationite retained more than 85% of its initial activity. The obtained data substantiate the practical applicability of the ion-exchange method for softening highly mineralized waters of the region under study.

Keywords: water hardness, ion exchange, sulfocationite, KU-2-8, regeneration, exchange capacity, Bukhara groundwater, calcium, magnesium, trilonometry.

KIRISH.

Suv qattiqligi muammosi sanoat va kommunal xo‘jalik tarmoqlarining barqaror ishlashida hal qiluvchi omillardan biri sifatida qaraladi. Bug‘ qozonlari, issiqlik almashinish uskunalari, sovutish tizimlari va to‘qimachilik korxonalaridagi uskunalarnig ishchi yuzalarida hosil bo‘ladigan kalsiy va magniy tuzlari qatlami hanuzgacha dolzarb muammolardan biri bo‘lib kelmoqda [1]. Bunday cho‘kindi qatlamlari issiqlik o‘tkazuvchanlikni keskin kamaytiradi, yoqilg‘i sarfini oshiradi va kelajakda korroziya jarayonlarining tezlashishiga zamin yaratadi. Ko‘plab tadqiqotchilar 1 mm qalinlikdagi tuz qatlami bug‘ qozonida 5–7% qo‘shimcha energiya sarfiga olib kelishini ta’kidlashadi [2, 3].

O‘zbekistonning g‘arbiy va janubi-g‘arbiy mintaqalari, jumladan Buxoro viloyati, gidrogeologik nuqtai nazardan o‘ziga xos hisoblanadi. Mintaqada chuchuk yer osti suvlari zaxiralari respublika umumiy ko‘rsatkichining 1% dan kamini tashkil etadi, mavjud manbalar esa Qizilqum cho‘li yotqiziqlari va Zarafshon vodiysining gips–karbonatli qatlamlari orqali filtrlangani bois yuqori darajada minerallashgan [4]. Buxoro va Kogon shaharlari, shuningdek Romitan, Olot, Jondor tumanlarining quduq suvlarida umumiy qattiqlik ko‘rsatkichi ko‘pincha 10 dan 16 mg-ekv/l gacha yetadi, ayrim hududlarda 18–20 mg-ekv/l ham qayd etilgan [5]. Bu raqamlar JSST tasnifi bo‘yicha “juda qattiq suv” toifasidan ham yuqori darajaga to‘g‘ri keladi.

ISSN 3030-3907

Hozirgi paytda suv qattiqligini kamaytirishda termik, reagentli (ohaktosh–soda), elektrodializ, membranali (teskari osmos, nanofiltratsiya) va ion almashinish texnologiyalari amalda qo‘llanilmoqda. Ion almashinish usuli, ayniqsa sulfokationitlarni qo‘llash, hozirda yuqori unumdorligi, regeneratsiya qilish imkoni va asbob-uskunalarning sodda konstruksiyasi tufayli eng keng tarqalgan yondashuv hisoblanadi [6, 7]. Shu bilan birga, Buxoro suvlari kabi manbalar uchun shimoliy mintaqalarda ishlab chiqilgan standart parametrlar to‘g‘ridan to‘g‘ri qo‘llab bo‘lmaydi: sulfat va xlorid ionlarining yuqori miqdori kationitning ishchi sig‘imini pasaytiradi, regeneratsiya jarayonida natriy xloridning sarfi ortadi [8]. Mahalliy sharoit uchun maxsus tadqiqotlar yetarli emasligi sababli mintaqaga mos texnologik rejimlarni eksperimental yo‘l bilan asoslash zaruriyati paydo bo‘ladi.

Ishning maqsadi Buxoro viloyati shimoliy qismidan olingan artezian quduq suvini KU-2, KU-2-8 va Amberlite IR-120 markali sulfokationitlar yordamida yumshatish jarayonining samaradorligini qiyosiy o‘rganish, ularning ish almashish sig‘imi, to‘yinish nuqtasi va sikllar bo‘yicha barqarorligini aniqlash hamda mahalliy sharoitga moslashtirilgan jarayon parametrlarini taklif etishdan iborat.

METODLAR.

Suv namunasini olish va dastlabki tahlil. Sinov ob’yekti sifatida Buxoro viloyati Vobkent tumanidagi 95 m chuqurlikdan qazib olingan artezian quduq suvi tanlandi. Suv namunalari 5 litrli polietilen idishlarga to‘ldirilib, 4 °C haroratda saqlandi va olingan kundan boshlab 72 soat ichida tahlil qilindi. Suvning fizik-kimyoviy ko‘rsatkichlari quyidagicha bo‘ldi: boshlang‘ich umumiy qattiqlik 12,0 mg-ekv/l (Ca^{2+} 7,5; Mg^{2+} 4,5 mg-ekv/l), quruq qoldiq 1850 mg/l, sulfat ionlari 480 mg/l, xlorid ionlari 320 mg/l, gidrokarbonat ionlari 305 mg/l, pH 7,2, harorat 18 °C.

Kationitlarni tayyorlash va dinamik sinov uskunasi. Tajribalar uchun mahalliy bozorda mavjud bo‘lgan uchta sulfokationit qo‘llandi: KU-2 (Rossiya, donador), KU-2-8 (8% divinilbenzol bilan tikilgan polimer matritsali sulfokationit) va Amberlite IR-120 (Rohm&Haas, AQSh). Har bir kationit distillangan suvda 24 soat shishirilib, 5% li HCl orqali H-formaga o‘tkazildi, so‘ng 8% li NaCl bilan Na-formaga tarjima qilindi va distillangan suv bilan neytral muhitgacha yuvildi. Yumshatish jarayoni ichki diametri 15 mm va balandligi 300 mm bo‘lgan vertikal shisha ustunda olib borildi; ustunga 30 ml hajmda Na-shakldagi kationit joylashtirildi. Suv ustun yuqori qismidan tomchili dispenser yordamida 4 ml/min tezlikda berilib, har 25 ml filtratdan namuna olindi.

Analitik usullar va regeneratsiya. Filtratdagi umumiy qattiqlik trilonometrik usulda aniqlandi: 100 ml namuna ammoniyli bufer eritma (pH 9,5–

ISSN 3030-3907

10) bilan tayyorlanib, erioxrom qora T indikatori ishtirokida 0,05 N trilon B eritmasi bilan titrlandi. Tahlilning ishonchliligini tasdiqlash uchun ayrim namunalarda Ca^{2+} va Mg^{2+} ionlarining alohida konsentratsiyalari atomli-absorbsion spektroskopiya orqali o‘lchandi; nisbiy standart og‘ish 3% dan oshmadi. To‘yingan kationit 10% li NaCl eritmasi bilan 2 ml/min tezlikda 75 daqiqa davomida regeneratsiya qilinib, distillangan suv bilan filtrat reaksiyasi neytral bo‘lguncha yuvildi. Har bir kationit uchun jami 10 ta to‘liq yumshatish/regeneratsiya sikli o‘tkazildi.

Hisob-kitoblar. Ion almashinish samaradorligi (E, %) quyidagi tenglama bo‘yicha hisoblandi:

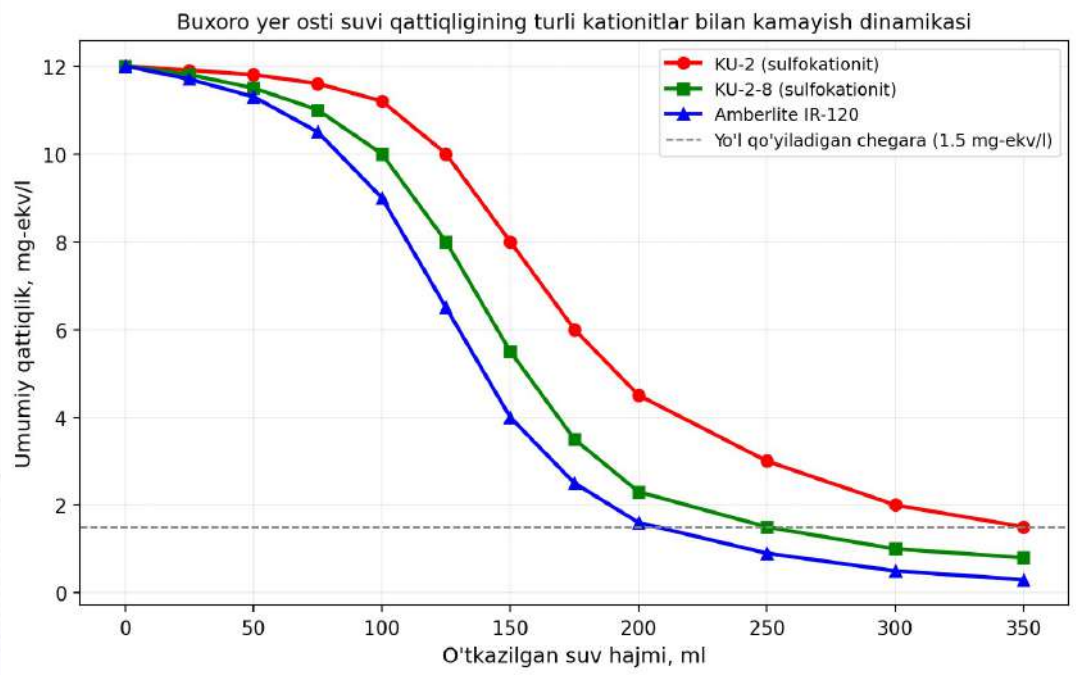
$$E = ((C_0 - C) / C_0) \times 100\%,$$

bu yerda C_0 — boshlang‘ich suvning umumiy qattiqligi (12,0 mg-ekv/l), C — filtratdagi qoldiq qattiqlik (mg-ekv/l). Kationitning ish almashish sig‘imi (E_p, g-ekv/m³) breakthrough nuqtasigacha o‘tkazilgan suv hajmi (V, l), boshlang‘ich qattiqlik (C_0) va kationit hajmi (V_k, m³) qiymatlari orqali quyidagicha topildi:

$$E_p = (V \times C_0) / V_k.$$

NATIJALAR VA MUHOKAMA.

Dinamik sinov natijasi shuni ko‘rsatdiki, ustundan o‘tayotgan suv hajmining ortib borishi bilan filtratning umumiy qattiqligi avval sezilarsiz, keyin esa keskin oshib boradi. Bunday holat kationit donachalarining bosqichma-bosqich to‘yinishini aks ettiradi. 1-rasmda har uchala kationit uchun olingan qattiqlik dinamikasi keltirilgan.



1-rasm. Buxoro yer osti suvi qattiqligining turli kationitlar bilan kamayish dinamikasi.

ISSN 3030-3907

Grafik tahlili shuni ko‘rsatdi: KU-2 kationiti yo‘l qo‘yiladigan chegara (1,5 mg-ekv/l) ga 100 ml dan keyin, KU-2-8 140 ml dan keyin, Amberlite IR-120 175 ml dan keyin yetdi. Bu raqamlarni o‘rta minerallashgan suvlar (8-9 mg-ekv/l) uchun adabiyotda keltirilgan ma’lumotlar bilan taqqoslaganda, Buxoro suvi sharoitida to‘yinish nuqtasi taxminan 1,4-1,5 marta erta yuzaga kelishi qayd etiladi. Bunga sabab boshlang‘ich konsentratsiyaning yuqoriligi tufayli kationit faol markazlarining tezroq to‘yinishidir [9].

Vodorod shaklidagi sulfokationitda yumshatish bosqichi quyidagi reaksiyalar bo‘yicha boradi:

$$2\ R{-}SO_3H + Ca^{2+} \rightarrow (R{-}SO_3)_2Ca + 2\ H^+$$

$$2\ R{-}SO_3H + Mg^{2+} \rightarrow (R{-}SO_3)_2Mg + 2\ H^+$$

Bu jarayonda eritma muhiti kislotaliroq tomonga siljiydi, bu esa keyingi tozalash bosqichlarini talab qilishi mumkin. Mazkur kamchilikni bartaraf etish maqsadida amalda Na-shaklidagi kationitlardan foydalanish keng tarqalgan:

$$2\ R{-}SO_3Na + Ca^{2+} \rightarrow (R{-}SO_3)_2Ca + 2\ Na^+$$

$$2\ R{-}SO_3Na + Mg^{2+} \rightarrow (R{-}SO_3)_2Mg + 2\ Na^+$$

Bu holda yumshatilgan suvga natriy ionlari o‘tib, muhitning pH ko‘rsatkichi deyarli o‘zgarmaydi. Aynan shu sababli sanoat suv tayyorlash tizimlarida Na-siklli ion almashinish keng qo‘llaniladi. Kationit to‘yingan paytda esa konsentrlangan natriy xlorid eritmasi yordamida teskari yo‘nalishdagi reaksiyalar amalga oshiriladi:

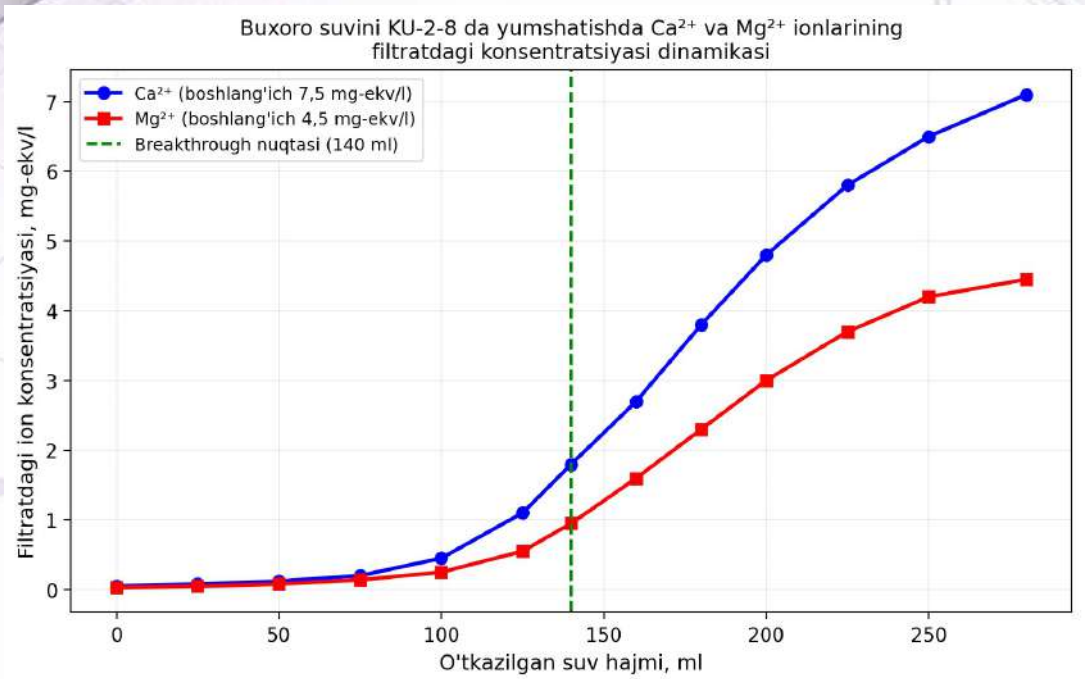
$$(R{-}SO_3)_2Ca + 2\ NaCl \rightarrow 2\ R{-}SO_3Na + CaCl_2$$

$$(R{-}SO_3)_2Mg + 2\ NaCl \rightarrow 2\ R{-}SO_3Na + MgCl_2$$

Regeneratsiya natijasida kationit qayta ish holatiga keladi, hosil bo‘lgan $CaCl_2$ va $MgCl_2$ esa suvda yaxshi eruvchanligi sababli oqava suv tarkibida chiqarib yuboriladi.

Sulfokationit faol guruhlari ikki valentli ionlarni bir valentli ionlarga nisbatan ancha kuchli ushlab turish xususiyatiga ega. Selektivlik koeffitsiyentlari qatori $K(Ca^{2+}) > K(Mg^{2+}) > K(Na^+) > K(H^+)$ tartibida joylashadi [10]. Mazkur qonuniyat tajribada qaysi ionning birinchi navbatda tutilishini belgilaydi. Buxoro suvida Ca^{2+}/Mg^{2+} nisbati 1,67 ga teng bo‘lib, kalsiy ionlari ustunlik qiladi. 2-rasmda KU-2-8 kationitida yumshatishda kalsiy va magniy ionlarining filtratdagi konsentratsiya o‘zgarishi alohida keltirilgan.

ISSN 3030-3907



2-rasm. Buxoro suvini KU-2-8 da yumshatishda Ca^{2+} va Mg^{2+} ionlarining filtratdagi konsentratsiyasi dinamikasi.

Grafikdan ko‘rinadiki, dastlabki 100 ml hajmgacha ikkala ion ham ustun tomonidan deyarli to‘liq tutiladi, filtratdagi qoldiq konsentratsiya 0,5 mg-ekv/l dan past darajada bo‘ladi. Suvning keyingi hajmlarida birinchi bo‘lib magniy ionining “sizib chiqishi” kuzatiladi, chunki uning kationit bilan bog‘lanish kuchi kalsiyga nisbatan zaifroq. Tipik chiqish egri chiziqlarining bunday “navbatlanish” xususiyati ko‘p ionli ion almashinish jarayonlari uchun klassik holat hisoblanadi va uning amaliy ahamiyati shundaki, magniy ionining ortishi ko‘pincha kationitning to‘yina boshlaganini bildiruvchi erta belgi sifatida qaraladi.

Olingan tajriba natijalari bo‘yicha kationitlarning ish almashish sig‘imi uchun quyidagi qiymatlar aniqlandi: KU-2 1280 g-ekv/m³, KU-2-8 1680 g-ekv/m³, Amberlite IR-120 1820 g-ekv/m³. Bu qiymatlar ishlab chiqaruvchilar tomonidan e’lon qilingan nominal sig‘imdan 10-12% pastroq bo‘lib, bu farqning asosiy sababi sifatida Buxoro suvidagi sulfat va xlorid ionlarining yuqori konsentratsiyada bo‘lishi va ular kationit faol markazlari uchun raqobat hosil qilishi ko‘rsatiladi [11]. Olingan asosiy ko‘rsatkichlar 1-jadvalda umumlashtirilgan.

1-jadval

Buxoro yer osti suvini yumshatishda kationitlarning asosiy ish ko‘rsatkichlari

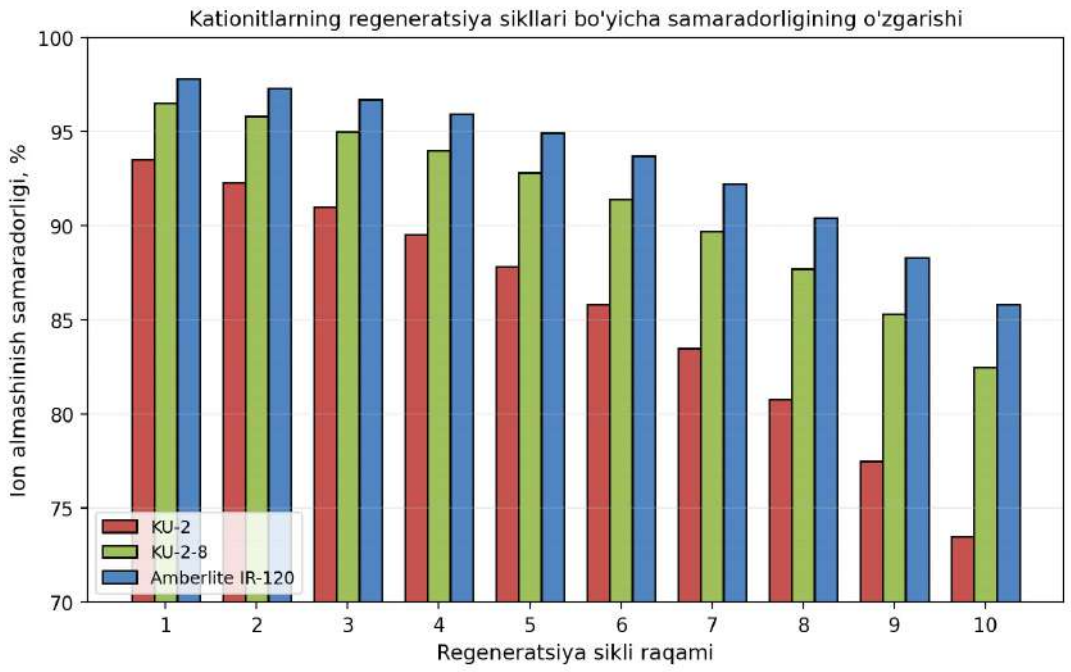
Kationit markasi	Ish sig‘imi, g-ekv/m³	To‘yinish hajmi, ml	O‘rtacha samaradorlik, %
KU-2	1280	100	83,5

ISSN 3030-3907

KU-2-8	1680	140	90,0
Amberlite IR-120	1820	175	93,5

Tajribada o‘rganilgan sinov ob’yektining kimyoviy tarkibini tahlil qilishda quyidagi natijalar e’tiborga loyiq. Yumshatishdan oldin suvdagi Ca^{2+} ioni konsentratsiyasi 150,3 mg/l, Mg^{2+} niki esa 54,7 mg/l ga teng bo‘lgan. KU-2-8 kationiti orqali yumshatishdan keyin (filtrat hajmi 100 ml gacha) kalsiy ko‘rsatkichi 1,8 mg/l ga, magniy esa 1,1 mg/l ga tushdi. Bu suvni tozalik darajasi bo‘yicha bug‘ qozonlari va issiqlik almashinish uskunalari uchun yetarli ko‘rsatkichdir. Shu bilan birga, sulfat va xlorid ionlari konsentratsiyasi yumshatishdan keyin deyarli o‘zgarmagan holda qoldi (sulfatlar 470 mg/l, xloridlar esa 318 mg/l atrofida), chunki ion almashinish ushbu anionlarga ta’sir qilmaydi. Bunday holat anionit kationitlardan keyin qo‘shimcha qo‘llanilishi yoki teskari osmos bilan birlashtirilgan tizim ishlab chiqilishi zaruratini taqozo etadi.

Sanoat sharoitida kationitning ko‘p martalik ishlatilishi muhim iqtisodiy ko‘rsatkichdir. Shu sababli har bir kationit uchun 10 ta to‘liq yumshatish/regeneratsiya sikli amalga oshirildi va olingan samaradorlik dinamikasi 3-rasmda keltirilgan.



3-rasm. Kationitlarning regeneratsiya sikllari bo‘yicha samaradorligining o‘zgarishi.

Diagrammadan ko‘rinadiki, barcha tadqiq qilingan kationitlar 10 siklgacha o‘z ish qobiliyatini saqlab qoldi, biroq ularning o‘zaro farqi sezilarli. KU-2 kationitining samaradorligi birinchi sikldagi 93,5% dan o‘ninchi siklda 73,5% gacha tushdi (nisbiy yo‘qotish 21,4%). KU-2-8 ko‘rsatkichi 96,5% dan 82,5% gacha kamaydi (yo‘qotish 14,5%). Amberlite IR-120 esa eng barqaror natija ko‘rsatdi 97,8% dan 85,8% gacha (12,3%). Bu tafovutlar polimer matritsaning

ISSN 3030-3907

tikilish darajasi bilan bog‘liq: yuqori divinilbenzol miqdoriga ega bo‘lgan kationitlar yuqori qattiqlikdagi suv bilan ishlashda kuzatiladigan osmotik bosim o‘zgarishlariga, donachalarning shishish va qisilishi sikliga ancha barqaror qarshilik ko‘rsatadi [12].

Mahalliy sharoit uchun olingan natijalar asosida quyidagi optimal jarayon parametrlari taklif etiladi: kationit qatlami balandligi 800-1000 mm (kam minerallashgan suvlar uchun an’anaviy tavsiya etiladigan 600-800 mm o‘rniga), filtratlash tezligi 6-8 m/soat, regeneratsiya eritmasi konsentratsiyasi 10-12% NaCl, regeneratsiya tezligi 4-6 m/soat, regeneratsiya davriyligi har 3-4 soatda bir marta. Bunday tartib mintaqaning yuqori minerallashgan suvlarini samarali yumshatishni ta’minlaydi va kationit faol qatlamining uzoq muddat saqlanishiga xizmat qiladi.

XULOSA.

Olib borilgan tadqiqot natijalari ion almashinish texnologiyasining Buxoro viloyati yer osti suvlari kabi yuqori minerallashgan manbalarni yumshatishda samarali vosita sifatida xizmat qilishini ko‘rsatdi. Sinov qilingan uchta sulfokationit orasida KU-2-8 markali kationit “samaradorlik–iqtisodiy maqsadga muvofiqlik” mezoni bo‘yicha eng maqbul yondashuv hisoblanadi: uning ish almashish sig‘imi 1680 g-ekv/m³, o‘rtacha samaradorligi esa 90,0% ni tashkil etadi. 10% li natriy xlorid eritmasi yordamida amalga oshirilgan regeneratsiya o‘n siklga qadar kationit faolligini 85% dan yuqori darajada saqlash imkonini berdi. Tajribalar shuni ham ko‘rsatdiki, Buxoro suvlari uchun shimoliy hududlarda qo‘llaniladigan an’anaviy texnologik rejimlar to‘liq darajada yaroqli emas; mintaqaning yuqori qattiqligi va sulfat-xlorid ionlarining ko‘pligi sababli kationit qatlami balandligini oshirish va regeneratsiya eritmasi konsentratsiyasini ko‘paytirish zaruriyati paydo bo‘ladi. Taklif etilayotgan moslashtirilgan jarayon sxemasi mahalliy korxonalarda, xususan paxta tozalash zavodlarida, bug‘ qozonxonalarida hamda kimyo va farmatsevtika ishlab chiqarishlarida amaliyotga joriy etishga tavsiya qilinadi. Kelajakdagi tadqiqotlar yo‘nalishi sifatida kationit-anionit kompleks tizimini va ion almashinish bilan teskari osmosning birlashtirilgan texnologiyasini o‘rganish maqsadga muvofiqdir.

ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Helfferich F. Ion Exchange. — New York: Dover Publications, 1995. — 624 p.
2. Crittenden J.C., Trussell R.R., Hand D.W., Howe K.J., Tchobanoglous G. MWH’s Water Treatment: Principles and Design. — 3rd ed. — Hoboken: Wiley, 2012. — 1920 p.
3. Frolov Yu.G., Belik V.V. Fiziko-khimicheskie osnovy vodopodgotovki [Suvni tayyorlashning fizik-kimyoviy asoslari]. — M.: Khimiya, 2008. — 304 s.

ISSN 3030-3907

4. O‘zbekiston Respublikasi suv resurslari va ulardan foydalanish holati: yillik hisobot. — Toshkent: Davlat ekologiya qo‘mitasi, 2023. — 92 b.
5. Eshchanov R.A., Egamberdieva D.R. Quyi Zarafshon havzasi yer osti suvlarining gidrokimyoviy xususiyatlari // O‘zbekiston geologiyasi jurnali. — 2022. — № 3. — B. 48–57.
6. Wachinski A.M. Environmental Ion Exchange: Principles and Design. — 2nd ed. — Boca Raton: CRC Press, 2017. — 256 p.
7. Inglezakis V.J., Poulopoulos S.G. Adsorption, Ion Exchange and Catalysis: Design of Operations and Environmental Applications. — Amsterdam: Elsevier, 2006. — 614 p.
8. Smirnov A.D. Sorbsionnaya ochistka vody [Sorbtsion suv tozalash]. — L.: Khimiya, 2010. — 168 s.
9. Zagorodni A.A. Ion Exchange Materials: Properties and Applications. — Amsterdam: Elsevier, 2007. — 477 p.
10. Slater M.J. Principles of Ion Exchange Technology. — Oxford: Butterworth-Heinemann, 1991. — 256 p.
11. Harland C.E. Ion Exchange: Theory and Practice. — 2nd ed. — Cambridge: Royal Society of Chemistry, 1994. — 285 p.
12. Khamidov B.N., Toirov Z.K. Suv tayyorlash texnologiyasi. — Toshkent: O‘qituvchi, 2019. — 256 b.

ISSN 3030-3907