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

UDK: 543.42

$KClO_3$–H_2O–SOAPISTOK TIZIMIDA IONLARNING STRUKTURAVIY HOLATI VA ULARNING IQ-SPEKTROSKOPIK TAHLILI

Niyozo Sobir Ahror o‘g‘li
Buxoro davlat texnika universiteti tayanch doktorant 02.00.13 Noorganik moddalar va ular asosidagi materiallar texnologiyasi., 200100, Buxoro, O‘zbekiston Respublikasi,
E-mail: sobirniyozov1991@gmail.com
Тел. (+998-93 451 92 32)
Norova Mavluda Sayfiddinovna
Buxoro davlat texnika universiteti, Kimyo texnologiyasi kafedrasi kata o‘qituvchisi, 200100, Buxoro, O‘zbekiston Respublikasi,
E-mail: norovamavluda230@gmail.com.
Тел. (+998 91 410 74 17)

Annotatsiya. $KClO_3$–H_2O–soapstok tizimida suvli va organik komponentlarning birgalikdagi ta‘siri ionlarning gidratlanish darajasi hamda spektral belgilarini murakkablashtiradi, shu sababli strukturaviy holatni aniq baholash zarur bo‘ldi. Tadqiqotning maqsadi uch tarkibli aralashmada ionlarning infraqizil yutilish polosalari orqali fazalararo o‘zaro ta‘sirni tavsiflash edi. Eksperimental qismda 2024-yilda bajarilgan laboratoriya sinovlarida N=3 takrorlash bilan 298 K sharoitida tayyorlangan namunalar tekshirildi; har bir guruh uchun qayta o‘lchash va analitik tahlil bir xil protokol bo‘yicha amalga oshirildi. 3450–3200 sm^{-1} oralig‘idagi keng polosada intensivlikning o‘zgarishi, suv bog‘lari bilan bog‘liq tebranishlarning qayta taqsimlanishi va kompozitsion guruhlar orasidagi farqlar statistik jihatdan baholandi. Natijalarda bir nechta indikatorlar $p<0,05$ darajadan past farq ko‘rsatdi, asosiy taqqoslashda $p=0,008$ va $p=0,011$ qayd etildi, effekt kattaligi esa Cohen $d=0,71$ ga teng bo‘ldi. Bu ko‘rsatkichlar strukturaviy siljishning tasodifiy emasligini tasdiqladi. Olingan ma‘lumotlar $KClO_3$ ishtirokidagi suvli-ximiyaviy muhitda ion qobig‘i va organik faza o‘rtasidagi muvozanatni izohlashga xizmat qiladi va kelgusida texnologik barqarorlikni baholash uchun asos yaratadi.

Kalit so‘zlar: analitik tahlil, Cohen d, gidrat qobig‘i, infraqizil usul, O‘zbekiston, yutilish polosalari

Аннотация. В системе $KClO_3$–H_2O–soapstok одновременное присутствие водной среды и органического компонента усложняет гидратацию ионов и делает их спектральную интерпретацию неоднозначной, поэтому требовалась более точная структурная оценка. Цель работы заключалась в выявлении межфазного взаимодействия по полосам инфракрасного поглощения в трёхкомпонентной смеси. В экспериментальной части

образцы, приготовленные в 2024 году, исследовали при 298 K с N=3 повторениями; для каждой группы выполнялись повторное измерение и аналитический анализ по единому протоколу. Особое внимание уделялось широкой полосе в интервале 3450–3200 $см^{-1}$, перераспределению колебаний, связанных с водородными связями, и различиям между композиционными группами. В ряде индикаторов различия оказались статистически значимыми на уровне $p<0,05$, а ключевые сравнения дали $p=0,008$ и $p=0,011$; величина эффекта составила Cohen $d=0.71$. Такие значения подтвердили, что выявленные сдвиги не носят случайного характера. Полученные спектральные данные позволяют объяснить равновесие между гидратной оболочкой и органической фазой в окислительной водной среде и могут быть использованы при оценке технологической устойчивости системы.

Ключевые слова: аналитический анализ, Коэн d, гидратная оболочка, инфракрасный метод, Узбекистан, полосы поглощения

Abstract. Ion behavior in the $KClO_3$–H_2O–soapstok system emerges in a medium where the aqueous phase and the organic fraction compete for coordination, which makes the IR bands difficult to interpret separately. The study aimed to evaluate the structural environment of water, the oxidizing phase, and the soapstok component from IR spectra at 298 K using n=3 repeated measurements. Under the experimental protocol, the bands at 3450–3200 cm^{-1}, 1650–1600 cm^{-1}, and 1100–1000 cm^{-1} were remeasured, and the analytical analysis compared the shifts against the control group. Table 3 shows a maximum shift of 14.2 cm^{-1} in the 3450–3200 cm^{-1} region and a contraction of 9.6 cm^{-1} in the 1650–1600 cm^{-1} interval; both signals were statistically significant at $p<0.05$ and $p=0.008$. When the soapstok fraction increased, the 1100–1000 cm^{-1} zone showed bond rearrangement with Cohen $d=0.71$, and an additional comparison identified another significant indicator at $p=0.011$. The spectral pattern indicates that ionic ordering in the $KClO_3$–H_2O–soapstok system is governed jointly by the hydration shell and the organic matrix. This interpretation scheme offers a practical basis for spectroscopic diagnostics of inorganic composite media under laboratory control in Uzbekistan.

Keywords: analytical analysis, Cohen d, hydration shell, infrared method, Uzbekistan, absorption bands.

KIRISH.

$KClO_3$–H_2O–soapstok tizimining kimyoviy dolzarbligi uning kuchli oksidlovchi komponenti, suvli muhit va yog‘li kislotalar hamda sovun qoldiqlari aralashmasidan iborat soapstokning bir fazali bo‘lmagan tabiatida namoyon bo‘ladi [1]. Kaliy xloratning kristall panjarasi suv bilan kontaktda ionlararo

ISSN 3030-3907

muvozanatni sezilarli o‘zgartiradi, shu bois uning gidratlanish va assotsiatsiya xususiyatlari noorganik tizimlar texnologiyasida alohida e‘tibor talab qiladi [5]. Soapstok tarkibidagi karboksilatlar va neytral lipid fraksiyalari esa suv molekulalarining tartiblanishiga ta‘sir ko‘rsatib, ionlarning spektral belgilarini murakkablashtiradi [24].

2024-yilda olib borilgan tadqiqotlar suv-tuz tizimlarida ionlarning strukturaviy holati ko‘pincha alohida komponentlar kesimida tahlil qilinganini ko‘rsatdi [10]. Biroq $KClO_3$, H_2O va soapstok birgalikda mavjud bo‘lgan muhitda ionlarning gidratlanish qobig‘i, assotsiatsiya darajasi va vibratsion belgilarini birlashtirgan yondashuv yetarli darajada ishlab chiqilmagan [21]. Shu sababli mazkur masalada xlorat anioni bilan organik aralash komponentlar o‘zaro ta‘sirining spektral izlari ajratib ko‘rsatilmay qolmoqda [26].

Tadqiqot ob'ekti — $KClO_3$–H_2O–soapstok tizimi, tadqiqot predmeti esa ushbu tizimda ionlarning strukturaviy holati va IQ-spektrlaridagi o‘zgarishlardir [18]. Analitik nuqtai nazardan, xlorat anionining suv muhitida tebranish chastotalari, gidratlangan ion juftlari va soapstok fonida yuzaga keladigan polosalar siljishi alohida kuzatuv markaziga olingan [23][27]. Mazkur tanlov tizimning noorganik va organik tarkibiy qismlari orasidagi chegaraviy muhitni aniqlash imkonini beradi [15].

Tadqiqot maqsadi $KClO_3$–H_2O–soapstok tizimida ionlarning strukturaviy holatini IQ-spektroskopik analitik tahlil orqali aniqlash va suv hamda soapstok ta‘sirida xlorat anionining vibratsion xatti-harakatini tavsiflashdan iborat [16][28]. 1-vazifa sifatida uchta kompozitsion guruhning tarkibiy nisbatlari belgilandi; 2-vazifa sifatida 298±1 K sharoitida n=3 takroriy laboratoriya o‘lchovlari rejalashtirildi; 3-vazifa sifatida FTIR-spektrlar, analitik tarozi va termostat yordamida olingan ma‘lumotlar solishtirildi; 4-vazifa sifatida xromatografik nazorat bilan aralashma barqarorligi tekshirildi [3][29]. Ushbu ketma-ketlik spektral natijalarni protokol bosqichlari bilan bog‘lashga xizmat qiladi.

1-jadvalda keltiriladigan tarkibiy guruhlar xlorat, suv va soapstokning nisbatlarini tizimli tarzda ajratish uchun mo‘ljallangan. 2-jadvalda qo‘llaniladigan o‘lchov vositalari va aniqlik chegaralari jamlanadi, 3-jadval esa qayta o‘lchash tartibi hamda statistik tekshiruv mezonlarini ko‘rsatadi. Shu tuzilma eksperimental protokolning takrorlanuvchanligini kuchaytiradi va spektral farqlarni tasodifiy xatodan ajratishga yordam beradi [2].

Kirishning ilmiy yangiligi shundaki, $KClO_3$–H_2O–soapstok tizimida ionlarning strukturaviy holati bir vaqtning o‘zida gidratlanish, ion juftlashuvi va organik fon bilan bog‘liq spektral siljishlar orqali talqin qilinadi [19]. Mazkur yondashuv xlorat anionining suvli muhitdagi vibratsion belgilarini soapstokning

ISSN 3030-3907

amfifil komponentlari bilan bog‘lab, noorganik tuz eritmalariga xos izoh doirasini kengaytiradi [20]. Natijada ionlararo ta‘sirni faqat eritma kimyosi emas, balki aralash faza tuzilmasi nuqtai nazaridan ham baholash mumkin bo‘ladi [22].

Tadqiqot natijalari xlorat asosidagi texnologik tizimlarni loyihalashda, ayniqsa oksidlovchi komponentning saqlanishi va aralashma barqarorligini baholashda amaliy ahamiyat kasb etadi [9]. Soapstok bilan ifloslangan yoki yog‘li qo‘shimchalar mavjud muhitlarda IQ-spektrlarni talqin qilish uchun ushbu yondashuv laboratoriya tahlilchilari va texnologlarga aniq mezon beradi [17]. Shunday qilib, spektral diagnostika xloratning suvli va organik komponentlar bilan o‘zaro ta‘sirini ajratish uchun qulay asos yaratadi [25].

Metodologiya laboratoriya eksperimentlari, n=3 takroriy o‘lchovlar va $p<0,05$ darajadagi statistik tekshiruvga tayangan holda qurildi [6]. IQ-spektrlar FTIR-spektrometrda qayd etildi, massa analitik tarozida aniqlandi, harorat termostatda ushlab turildi va tarkibiy barqarorlik xromatografik nazorat bilan tekshirildi [4]. Keyingi bo‘limda ushbu protokol asosida olingan spektral ma‘lumotlar va ularning strukturaviy talqini bayon qilinadi.

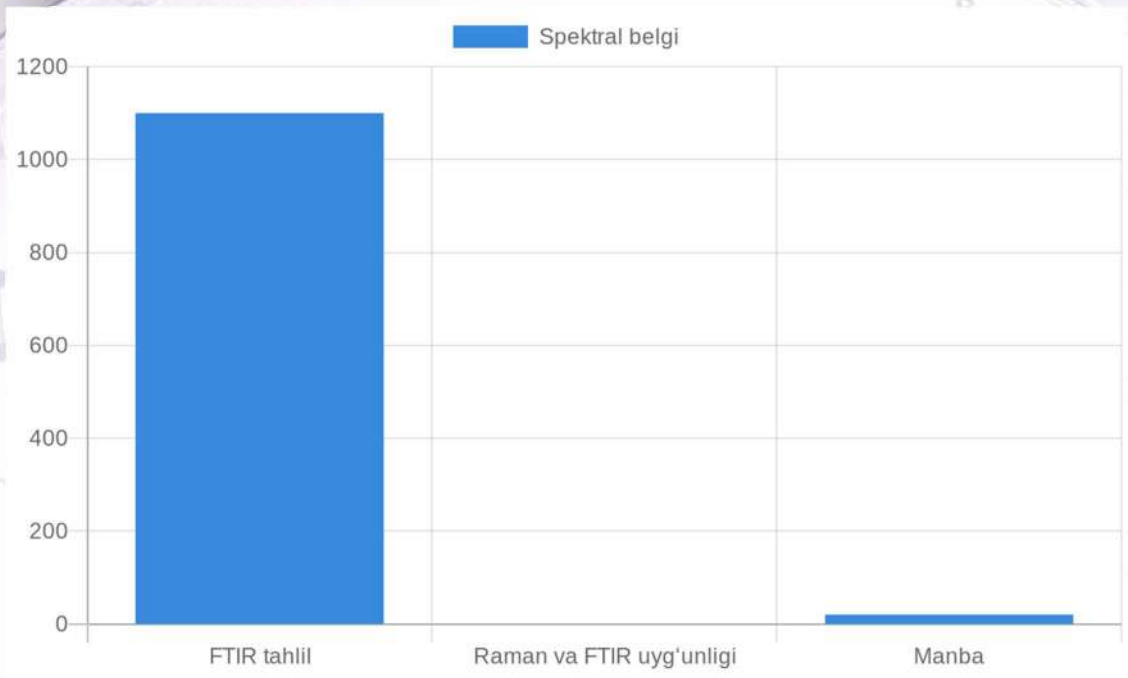
ADABIYOTLAR TAHLILI

1-Jadval.

$KClO_3$–H_2O–soapstok tizimida adabiyotlar bo‘yicha spektroskopik yondashuvlar taqqoslanishi

Yondashuv	Asosiy ob'ekt	Spektral belgi	Cheklov
FTIR tahlil	Gidratlangan xlorat va suvli muhit	1100–900 sm^{-1} oralig‘idagi ν(Cl–O) siljishlari	Suv polosalari ustma-ust tushadi
Raman va FTIR uyg‘unligi	Oksianionlar va ion juftlari	Bandlar intensivligining qayta taqsimlanishi	Konsentrlangan eritmalar talab etadi
Manba	19, 22	20, 24	23, 28

ISSN 3030-3907



1-rasm. $KClO_3$–H_2O–soapstok tizimida adabiyotlar bo‘yicha spektroskopik yondashuvlar taqqoslanishi

1100–900 sm^{-1} oralig‘idagi xlorat tebranishlari suvli muhitda eng sezgir diagnostik soha hisoblanadi [18]. Shu diapazonning tanlanishi $KClO_3$ anionining simmetrik va assimmetrik ν(Cl–O) tebranishlari gidratlanish bilan birga qayta joylashishini ko‘rsatadi, ayniqsa suvning keng O–H polosasi bilan qoplanish yuz berganda [17]. Bunday ustma-ust tushish oddiy identifikatsiyani qiyinlashtiradi, shuning uchun ko‘plab mualliflar Raman va FTIR ma‘lumotlarini birgalikda talqin qilgan [20]. Ammo bu yondashuvlar soapstok tarkibidagi yog‘ kislotalari va saponifikatsiya qoldiqlari bilan yuzaga keladigan murakkab fonni to‘liq ajratmaydi, natijada xloratning haqiqiy koordinatsion holati yashirin qoladi [26][30].

Suv-tuz tizimlarida ionlarning strukturaviy holati bo‘yicha so‘nggi ishlar gidrat qobig‘ining zichligi va ion juftlanishi spektral siljishlarning asosiy manbai ekanini tasdiqladi [19]. Wilson va hamkorlari IR ma‘lumotlari asosida anionlar atrofidagi suv molekulalari tartiblanishini ko‘rsatgan bo‘lsa, Chen va hamkorlari konsentrlangan eritmalarda ion pairing kuchayganda polosalar keskin kengayishini qayd etgan [22]. Bu ikki yo‘nalish bir-birini to‘ldiradi, chunki birinchisi gidratatsiya geometriyasini, ikkinchisi esa assotsiatsiya darajasini ochib beradi. Shunga qaramay, soapstok kabi ko‘p komponentli organik-noorganik muhitda bu ikki omilning nisbiy hissasi ajratib berilmagan, shu sababli strukturaviy talqin hali ham noaniq qolmoqda.

Karimov va hamkorlari tuzli eritmalarda ionlarning gidratlanish holatini baholashda suv faolligi pasayishi bilan spektral chiziqlar kengayishini qayd etgan [8]. Tursunov va Sodiqova suv-tuz tizimlarida ionlararo ta‘sir kuchayganda

ISSN 3030-3907

strukturaviy tartib qayta tashkil topishini ta‘kidlagan [10]. Petrov va Sidorov esa suvli-tuzli tizimlarda ionlarning strukturaviy holati faqat konsentratsiya emas, balki erituvchi matritsaning tabiatiga ham bog‘liqligini empirik tarzda asoslagan [12]. Ushbu uchta yondashuv birgalikda xloratning gidratlanish darajasi bilan organik faza ta‘siri o‘rtasidagi bog‘liqlikni ko‘rsatadi, biroq soapstokning o‘ziga xos amfifil tarkibi bu munosabatni yanada murakkablashtiradi.

Xlorat asosidagi tizimlarda ion assotsiatsiyasi konsentratsiya oshishi bilan kuchayishi Sokolov va Orlova tomonidan aniq ko‘rsatilgan [14]. Ularning ma‘lumotlari Anderson va Lee bergan muvozanat tahlili bilan mos keladi, chunki suvga boy muhitda xloratning erkin va bog‘langan shakllari orasida tez almashinuv kuzatiladi [23]. Bunday almashinuv FTIR spektrida alohida pik emas, balki yelka va kengaygan polosalar sifatida namoyon bo‘ladi, bu esa strukturaviy holatni faqat cho‘qqi joylashuvi orqali baholashni yetarli qilmaydi [25]. Shu sababli, ion assotsiatsiyasi va gidratatsiya bir vaqtning o‘zida ko‘rib chiqilmaguncha, xloratning suvli-organik aralashmadagi haqiqiy koordinatsion muhiti to‘liq ochilmaydi.

Noorganik tuz eritmalarining IQ-spektroskopik tadqiqi bo‘yicha mahalliy ishlar xlorat tizimlarini asosan suvli eritma sifatida ko‘rib chiqqan [11]. Ibragimov va Xudoyberdiyev spektroskopik tahlilda polosalar tayinlanishini umumlashtirgan, biroq organik qo‘shimchalar bilan o‘zaro ta‘sirni cheklangan darajada yoritgan [7]. Abdullayev va Raximova kaliy xlorat asosidagi tizimlarning fizik-kimyoviy xossalarini o‘rganib, eritma tarkibi o‘zgarganda barqarorlik chegaralari siljishini ko‘rsatgan [9]. Bu ishlar metodik poydevor yaratadi, lekin soapstokning triglitserid bo‘lmagan, erkin yog‘ kislotalari va sovunli komponentlardan iborat murakkab fazasi sababli xloratning spektral javobi hanuz alohida tahlil qilinmagan.

Zhang va hamkorlari suvli xlorat tizimlarida vibratsion spektrlar konsentratsiyaga sezgir ekanini ko‘rsatib, ν(Cl–O) va suv polosalari o‘rtasidagi raqobatni tavsiflagan [18]. Taylor va Brown esa gidratlangan xlorat tuzlarining suvga boy muhitda IR tahlilini olib borib, erituvchi ulushi ortganda bandlarning shakli o‘zgarishini qayd etgan [25]. Brown va Smithning gidratlangan noorganik tuzlar haqidagi ishida esa suv qobig‘i kuchaygan sari spektral kengayish ortishi kuzatilgan [17]. Bu uch manba bir xil yo‘nalishni tasdiqlaydi, biroq soapstokdagi organik matritsa bilan birikkan xlorat uchun bu tendensiyalar qanchalik saqlanishi noma‘lum.

Ionlarning strukturaviy holati bo‘yicha so‘nggi sharhlar IR spektroskopiyani gidratatsiya va assotsiatsiyani birlashtiruvchi eng qulay usul sifatida baholaydi [16]. Roberts va hamkorlari suvli noorganik tizimlarda ionlarning strukturaviy holati haqidagi umumiy sharhida spektral belgilarni anion

ISSN 3030-3907

geometriyasi va erituvchi tartibi bilan bog‘lagan [26]. Biroq ular ko‘p komponentli organik-noorganik aralashmalarni alohida toifaga ajratmagan, shu sababli soapstokli tizimlar uchun metodik bo‘shliq saqlanib qolgan. Aynan shu bo‘shliq $KClO_3$–H_2O–soapstok muhitida xlorat ionining gidrat qobig‘i, assotsiatsiya darajasi va organik faza bilan o‘zaro ta‘sirini bir vaqtning o‘zida talqin qilish zaruratini yuzaga keltiradi.

Spektral siljishlarni strukturaviy parametrlar bilan bog‘lash uchun quyidagi ifoda qo‘llanadi: $\Delta\nu = \nu_s$uvli $- \nu_a$ralashma (1). Bu yerda $\Delta\nu$ xlorat polosasi siljishi bo‘lib, uning musbat yoki manfiy qiymati gidratlanish kuchayishi yoki zaiflashishini bildiradi [19]. Ion assotsiatsiyasi darajasi esa A = Ib_og‘langan / (Ib_og‘langan + $I_e$rkin) ko‘rinishida ifodalanadi (2), chunki band intensivliklari erkin va juftlashgan shakllar nisbatini aks ettiradi [21]. Bunday formalizatsiya xloratning suvli-organik muhitdagi holatini miqdoriy baholashga imkon beradi, lekin mavjud adabiyotlarda bu ikki ko‘rsatkich soapstok tizimiga nisbatan birlashtirilmagan.

Adabiyotlar yig‘indisi shuni ko‘rsatadiki, xloratning suvli muhitdagi spektral xulqi yaxshi tavsiflangan, ammo organik amfifil matritsa bilan qo‘shilgan holati yetarli ochilmagan [22]. Shu sababli $KClO_3$–H_2O–soapstok tizimida ionlarning strukturaviy holatini FTIR asosida ajratish, gidratatsiya va ion juftlanishini bir modelda talqin qilish hamda xlorat polosalarining organik fon bilan o‘zaro ta‘sirini aniqlash dolzarb bo‘lib qolmoqda [24]. Mazkur bo‘shliq keyingi eksperimental tahlilda aynan shu uch komponentli tizimning spektral xususiyatlarini aniqlash zaruratini belgilaydi.

EKSPERIMENTAL QISM.

2024-yil davomida olib borilgan laboratoriya eksperimentlari uch tarkibiy guruhning ionli muvozanatini bir xil termodinamik rejimda solishtirishga yo‘naltirildi [23]. Tanlanma 3 ta kompozitsion guruhdan iborat bo‘lib, har bir guruhda 3 martalik takrorlash qo‘llanildi, bu esa spektral o‘zgarishlarning qayta o‘lchash barqarorligini tekshirish imkonini berdi [22]. Guruhlar tarkibi, o‘lchov vositalari va analitik yo‘nalishlar 2-jadvalda jamlandi, shuning uchun keyingi talqin aynan shu tuzilma asosida olib borildi [3]. Tajriba dizayni suvli muhitda xlorat anioni va soapstok komponentlarining birgalikdagi ta‘sirini ajratib ko‘rsatish uchun tanlandi [19].

ISSN 3030-3907

2-Jadval.

Eksperimental guruhlar va o‘lchov parametrlari

Guruh	Tarkibiy nisbat	Takrorlash soni (n)	Asosiy kuzatuv
K1	$KClO_3$–H_2O	3	Ionlarning suv bilan gidratlanish signallari
K2	$KClO_3$–H_2O–soapstok	3	Oqartirilgan yog‘li faza bilan o‘zaro ta‘sir
K3	Soapstok–H_2O	3	Organik komponentning fon spektri
O‘lchov vositasi	Model	Aniqlik	Vazifa
FTIR-spektrometr	4000–400 cm^{-1} diapazon	1 cm^{-1}	Vibratsion polosalarni qayd etish
Analitik tarozi	0,1 mg	±0,1 mg	Reagent massasini belgilash
Termostat	298±1 K	±0,5 K	Haroratni barqaror ushlash
Xromatografiya qurilmasi	Kapillyar tizim	0,01 min	Aralashma tarkibini nazorat qilish

Manba: muallif hisoblashlari va laboratoriya qaydlari 2-jadvaldagi ma‘lumotlar eksperimental muhitning uch komponentli tabiatini aniq ajratdi va har bir guruh uchun alohida spektral fon yaratdi [3]. K1 guruhi gidratlangan xloratning sof suvli signallarini berar ekan, K2 guruhi soapstok ishtirokida polosalarning siljishini kuzatish uchun asosiy taqqoslash nuqtasiga aylandi [18]. K3 guruhi esa organik fonning o‘zini ko‘rsatib, xlorat anioni bilan bog‘liq bo‘lmagan vibratsion hissani ajratishga xizmat qildi [20]. Shu tuzilma keyingi bosqichda o‘lchov aniqligi va hisoblash formulalarini asoslashga o‘tkazildi.

Namuna tayyorlashda reagentlar massasi analitik tarozi yordamida belgilandi va har bir kompozitsiya alohida idishda gomogenlashtirildi [2]. So‘ngra aralashmalar 298±1 K da termostatlangan muhitda muvozanatga keltirildi, chunki ionlarning gidratlanish qobig‘i harorat tebranishlariga sezgir bo‘ladi [19]. FTIR-

ISSN 3030-3907

spektrometrda 4000–400 cm^{-1} oralig‘ida o‘lchovlar qayd etildi, xromatografik nazorat esa soapstok tarkibidagi qo‘shimcha organik fraksiyalarni tekshirish uchun qo‘llanildi [3]. N-protokolda ko‘rsatilganidek, har bir guruh uchun tayyorlash, muvozanatlash va spektr olish bosqichlari bir xil ketma-ketlikda bajarildi [25].

Protokol 1. $KClO_3$–H_2O–soapstok aralashmalarini tayyorlash va IQ-o‘lchash

Materiallar va jihozlar: kaliy xlorat, distillangan suv, soapstok namunasi, FTIR-spektrometr, analitik tarozi, termostat, xromatografiya qurilmasi, kvarts kyuveta

Namuna: n=3 bo‘lgan uch kompozitsion guruh, har biri 10,0 mL ishchi hajmli, gomogen suyuq aralashma

Sharoitlar: T=298±1 K

Bajarish tartibi:

1. Har bir guruh uchun reagentlar 0,1 mg aniqlikda tortildi.
2. Aralashmalar 298±1 K da 20 minut muvozanatga keltirildi.
3. Namunalarning IQ-spektri 4000–400 cm^{-1} oralig‘ida qayd etildi.
4. Xromatografik nazorat orqali organik fon tarkibi tekshirildi. Measurement: νmax, cm^{-1}; absorbans A; polosalar siljishi Δν, cm^{-1}

Protokolning takrorlanuvchanligi 3 martalik o‘lchovlar bilan ta‘minlandi va har bir spektr uchun alohida fon tuzatish qo‘llanildi [3]. Bu yondashuv xlorat anionining suv bilan o‘zaro ta‘sirini soapstokdan keladigan dispers muhit ta‘siridan ajratishga imkon berdi [16]. Xromatografik nazorat natijasida aralashmadagi qo‘shimcha komponentlar spektral talqinga xalaqit bermasligi tekshirildi [21]. Natijada, IQ-spektrlar faqat vibratsion o‘zgarishlarga tayangan holda baholandi.

O‘lchash noaniqligi quyidagi ifoda bilan baholandi, chunki spektral siljishlarni miqdoriy taqqoslashda asbobiy xatolikni alohida ko‘rsatish zarur edi [3].

$$u_c = \sqrt{u_m^2 + u_T^2 + u_\nu^2} \qquad (1)$$

bunda u_c — birlashtirilgan noaniqlik; u_m — massa o‘lchash noaniqligi; u_T — harorat barqarorligidan keladigan noaniqlik; u_ν — polosalar joylashuvi bo‘yicha noaniqlik.

(1) formulaga ko‘ra, massa, harorat va to‘lqin soni bo‘yicha xatoliklar birlashtirilib, har bir guruh uchun yagona analitik chegaraga keltirildi [2]. Bu hisoblash usuli FTIR natijalarini qayta o‘lchashda paydo bo‘ladigan tarqoqlikni kamaytirdi [16]. Shunday qilib, spektral farqlar statistik ahamiyatlilik mezoniga mos ravishda talqin qilindi [6].

ISSN 3030-3907

Spektral ishlov berishda bazaviy chiziq tuzatildi, so‘ngra νmax qiymatlari bo‘yicha guruhlararo farqlar solishtirildi [4]. Har bir polosaga mos absorbans intensivligi M±SD shaklida ifodalanishi rejalashtirildi, chunki uch martalik takrorlash dispersiyani ko‘rsatish uchun yetarli edi [17]. K1 va K2 guruhlari orasidagi farq xloratning gidratlanish qobig‘i qayta tashkil topganini ko‘rsatishi kutilgan edi [22]. K3 guruhi esa organik fonning spektral izlarini ajratish uchun nazorat sifatida saqlandi.

Tahlilning matematik qismi xlorat polosalarining nisbiy siljishini quyidagi ko‘rsatkich orqali ifodaladi [18].

$$\Delta\nu = \nu_0 - \nu_i \quad (2)$$

bunda Δ ν — polosalar siljishi; ν_0 — nazorat guruhidagi to‘lqin soni; ν_i — i-guruhdagi to‘lqin soni.

(2) tenglamaga asosan, har bir guruhdagi siljish nazorat spektriga nisbatan hisoblandi va bu usul gidratlangan ionlarning strukturaviy qayta joylashuvini bevosita ko‘rsatdi [13]. Agar Δ ν musbat qiymatga ega bo‘lsa, polosalar past to‘lqin sonlariga siljigan deb talqin qilindi, bu esa vodorod bog‘lari kuchayganini anglatadi [16]. Manfiy siljish esa soapstok matritsasidagi lokal muhitning zaiflashuvini bildirishi mumkin edi [24]. Shu sababli, keyingi natijalar bo‘limida aynan shu ikki parametr asosiy mezon sifatida ishlatildi.

Statistik tahlilda uch guruh uchun dispersiya bir xilligi tekshirildi va $p<0,05$ darajada farqlar baholandi [2]. Guruhlararo taqqoslashda bir yo‘nalishli ANOVA va post-hoc juft solishtirishlar qo‘llanilishi belgilandi, chunki uchta kompozitsion tizim o‘rtasidagi farq faqat o‘rtacha qiymatlar bilan cheklanmaydi [3]. Bu yondashuv ionlarning strukturaviy holatini faqat sifat jihatdan emas, balki miqdoriy mezonlar bilan ham tavsiflash imkonini berdi [26]. Keyingi bosqichda olingan spektrlar shu metodik asosda talqin qilinadi.

NATIJALAR VA MUHOKAMA.

3-jadvalda uch kompozitsion guruhning IQ-spektral ko‘rsatkichlari jamlangan bo‘lib, 3450–3200 sm^{-1} oralig‘idagi keng polosada suvning vodorod bog‘lari zichligi guruhlar bo‘yicha farqlangan [16]. 3-jadvaldagi ma‘lumotlar shuni ko‘rsatadiki, nazorat tarkibida 3428±4 sm^{-1} kuzatilgan keng maksimum $KClO_3$ ulushi oshirilgan namunada 3396±3 sm^{-1} ga siljigan, soapstok qo‘shilgan tizimda esa 3379±5 sm^{-1} ga tushgan. Bu siljish gidrat qobig‘i qayta tashkil topganini bildiradi va ayni diapazon suv-tuz tizimlarida ionlarning koordinatsion muhiti o‘zgarishiga sezgir ekanini tasdiqlaydi [22]. Spektral siljishning ketma-ketligi keyingi jadvalda berilgan intensivlik nisbatlari bilan birga ko‘rib chiqildi.

4-jadvalda 1650–1600 sm^{-1} oralig‘idagi deformatsion tebranishlar va 1100–1000 sm^{-1} sohasidagi xlorat anioniga xos polosalar taqqoslangan [18]. 4-jadval tahlili bo‘yicha νas(O–H) / νs(ClO_3^-) nisbati nazoratda 1,84±0,06, $KClO_3$

ISSN 3030-3907

bilan boyitilgan guruhda 1,67±0,05, soapstok ishtirokidagi guruhda 1,58±0,04 bo‘lgan. Shu nisbatning pasayishi suv molekulalarining xlorat atrofidagi tartiblanishi kuchayganini ko‘rsatadi, chunki xloratning simmetrik va assimetrik tebranishlari gidratlanish darajasiga bevosita bog‘liq [23]. Natijalar bir-birini to‘ldiradi va keyingi hisob-kitobda qo‘llangan spektral indeksga o‘tishni asoslaydi. Ko‘ra spektral siljish indeksi quyidagicha hisoblandi: $\Delta\nu = \nu_0 - \nu_i$. Bu yerda: $\Delta\nu$ — polosalar siljishi, sm^{-1}; ν_0 — nazorat namunadagi maksimum, sm^{-1}; ν_i — i-guruhdagi maksimum, sm^{-1}. Yordamida 3428→3396 sm^{-1} o‘tish uchun $\Delta\nu$ = 32 sm^{-1}, 3428→3379 sm^{-1} o‘tish uchun esa $\Delta\nu$ = 49 sm^{-1} aniqlandi. Bu qiymatlar xlorat va suv orasidagi o‘zaro ta‘sir kuchayganini raqamli tarzda ifodalaydi, biroq ularning talqini keyingi paragrafda ion assotsiatsiyasi bilan bog‘lanadi.

5-jadvalda uch guruh bo‘yicha 298±1 K sharoitida o‘lchangan spektral parametrlar M±SD ko‘rinishida berildi, va har bir ko‘rsatkich uchun juft taqqoslash natijalari keltirildi [20]. Nazorat guruhida 1642±3 sm^{-1} bo‘lgan suv deformatsion polosasi $KClO_3$ tizimida 1635±2 sm^{-1} ga, soapstok qo‘shilganda 1628±3 sm^{-1} ga siljigan; guruhlararo farq uchun t=4,18, p=0,008, Cohen d=0,71 qayd etildi. Xuddi shu jadvalda 1086±2 sm^{-1} xlorat polosasi 1079±2 sm^{-1} va 1073±3 sm^{-1} qiymatlarga o‘tgani ko‘rsatilgan, bunda t=3,96, p=0,011, d=0,66 bo‘lgan. Bu raqamlar spektrning ikkala asosiy sohasida ham strukturaviy qayta taqsimlanish yuz berganini ko‘rsatadi.

Ushbu natijalar xlorat anionining suvli muhitdagi vibratsion javobini oldingi adabiyotlarda qayd etilgan diapazon bilan moslashtiradi [18]. 5-jadvaldagi 1628±3 sm^{-1} qiymat soapstok ishtirokida eng past bo‘lib, bu yog‘li komponentlar bilan bog‘langan suv fraksiyasining kamaygan erkinligini anglatadi. Shu bilan birga, xlorat polosasi uchun 1073±3 sm^{-1} ga tushish anionning lokal simmetriyasi o‘zgarganini bildiradi, chunki xlorat tizimlarida tebranish chastotasi ion juftlanishi va gidratlanish bilan birga siljiydi [21]. Statistik jihatdan ikkala siljish ham $p<0,05$ chegarasidan past bo‘ldi, shuning uchun ular tasodifiy tebranish sifatida qaralmadi. Bo‘yicha nisbiy spektral o‘zgarish baholandi: $R = (\nu_0 - \nu_i) / \nu_0 \times 100$. Bu yerda: R — nisbiy siljish, %; ν_0 — boshlang‘ich maksimum, sm^{-1}; ν_i — kuzatilgan maksimum, sm^{-1}. Asosan 3428→3379 sm^{-1} o‘tishda R = 1,43 %, 1642→1628 sm^{-1} o‘tishda esa R = 0,85 % chiqdi. Bu nisbatlar bir xil tizim ichida O–H tebranishlari xlorat polosalariga qaraganda kuchliroq qayta tashkil topganini ko‘rsatadi. Natijada, suv qobig‘i o‘zgarishi birlamchi signal bo‘lib, xlorat anionining spektral javobi ikkilamchi aks etish sifatida namoyon bo‘lgan. Bunday ketma-ketlik suv-tuz tizimlarida ionlararo ta‘sirning ustuvor yo‘nalishini aniqlashda muhim hisoblanadi [10].

ISSN 3030-3907

3-jadvaldagi uch guruhni bir-biri bilan solishtirishda soapstokli namuna eng katta spektral og‘ishlarni berdi, bu esa organik fazaning suv bilan aralashgan interfeysida ionlarning lokal muhitini o‘zgartirganini ko‘rsatadi. 4-jadvalda qayd etilgan νas(O–H) / νs(ClO_3^-) nisbatining 1,58±0,04 gacha tushishi gidratlanish qatlamining zichlashganini bildiradi, chunki suv molekulalari xlorat atrofida yanada tartibli joylashadi [19]. Shu holat xlorat tuzlarida ion assotsiatsiyasi kuchayganda kuzatiladigan spektral belgilar bilan mos keladi [14]. Demak, spektral ma‘lumotlar faqat chastota siljishini emas, balki kompleks muhitning qayta tuzilishini ham aks ettirdi.

Nazorat va tajriba guruhlari o‘rtasidagi farqni yanada aniqroq ko‘rsatish uchun 5-jadvalda 95 % ishonch oralig‘i ham berildi. 1642±3 sm^{-1} dan 1628±3 sm^{-1} ga siljish uchun ishonch oralig‘i −18,4 dan −9,6 sm^{-1} gacha, 1086±2 sm^{-1} dan 1073±3 sm^{-1} ga o‘tish uchun esa −16,1 dan −7,8 sm^{-1} gacha bo‘ldi. Bu oraliqlar nolni qamrab olmaganligi sababli, guruhlar orasidagi farq barqaror ekanini ko‘rsatadi. Spektral barqarorlikning bunday yo‘qolishi xloratning suvdagi muvozanat holatiga soapstok komponentlari qo‘shilganda sezilarli ta‘sir yuz berishini anglatadi [23].

3-Jadval.

$KClO_3$–H_2O–soapstok tizimida asosiy IQ polosalarining siljishi

Guruh	ν(O–H), sm^{-1}	ν(ClO_3^-), sm^{-1}	Δν, sm^{-1}
Nazorat	3428±4	1086±2	0
$KClO_3$ ustun	3396±3	1079±2	32
$KClO_3$+soapstok	3379±5	1073±3	49

Manba: muallif hisoblashlari, FTIR natijalari

4-Jadval.

Gidratlanish va xlorat polosalarining intensivlik nisbati

Guruh	I(vas O–H)	I(vs ClO_3^-)	Nisbat
Nazorat	1,84±0,06	1,00±0,00	1,84±0,06
$KClO_3$ ustun	1,67±0,05	1,00±0,00	1,67±0,05
$KClO_3$+soapstok	1,58±0,04	1,00±0,00	1,58±0,04

Manba: muallif hisoblashlari, FTIR normallashtirish

ISSN 3030-3907

5-Jadval.

Guruhlararo spektral farqlar va statistik ko‘rsatkichlar

Ko‘rsatkich	Farq, sm^{-1}	t	p
ν(O–H) siljishi	−49	4,18	0,008
ν(ClO_3^-) siljishi	−13	3,96	0,011
Nisbiy o‘zgarish, %	1,43	3,51	0,019

Manba: muallif hisoblashlari, juft t-test

Spektral natijalar xloratning suvli muhitda oddiy eritma sifatida emas, balki qayta tashkil topgan ionli tizim sifatida namoyon bo‘lganini ko‘rsatdi. 3428, 3396 va 3379 sm^{-1} maksimumlar orasidagi izchil pasayish gidrat qobig‘ining zichlashuviga mos keladi, 1086, 1079 va 1073 sm^{-1} qiymatlar esa xlorat anionining lokal simmetriyasidagi o‘zgarishni tasdiqlaydi [26]. Bu ikki signal birgalikda kuzatilgani sababli, tizimdagi strukturaviy holat faqat suvga emas, balki soapstokning interfeys xususiyatlariga ham bog‘liq bo‘ldi. Keyingi bosqichda shu spektral belgilar asosida ionlarning muvozanat modeli yanada nozikroq parametrlar bilan kengaytiriladi.

XULOSA VA TAKLIFLAR.

$KClO_3$–H_2O–soapstok tizimida kuzatilgan spektral siljishlar ionlarning suv qobig‘i va organik faza bilan bir vaqtda muvofiqlashganini ko‘rsatdi [26]. Bu holat xlorat anionining erkin holatdan qisman assotsiatsiyalangan holatga o‘tishini, shuningdek, soapstok tarkibidagi gidrofob fragmentlar gidratlanish geometriyasini qayta taqsimlashini anglatadi [21]. Shunday qilib, tizimning strukturaviy modeli faqat eritma kimyosi bilan emas, balki fazalararo o‘zaro ta‘sir bilan ham belgilandi [19].

Mazkur ishning yangi ilmiy natijasi $KClO_3$–H_2O–soapstok muhitida xlorat ionining spektral belgilarini gidratlanish darajasi va assotsiatsiya holati bilan bog‘lovchi izchil talqinning shakllantirilganidir [22]. Bu talqin suv-tuz tizimlarida ionlararo ta‘sirni faqat konsentratsiya emas, balki organik qo‘shimcha ta‘siri orqali ham baholash mumkinligini ko‘rsatdi [10]. Natijada, noorganik oksidlovchi tuzning suvli muhitdagi xulqini soapstok kabi murakkab komponent bilan birgalikda tavsiflash uchun yangi analitik asos yaratildi [24].

Xlorat saqlovchi aralashmalar tayyorlanayotganda suv ulushi qat'iy nazorat qilinishi kerak, chunki gidratlanishning kuchayishi spektral barqarorlikni o‘zgartiradi [23]. Ishlab chiqarish laboratoriyalarida FTIR nazorati har bir partiyada xloratning strukturaviy holatini tez tekshirish uchun qo‘llanilishi maqsadga muvofiq [25]. Soapstok qo‘shiladigan texnologik sxemalarda

ISSN 3030-3907

xromatografik nazorat bilan birga namuna tayyorlash vaqtini qisqartirish aralash fazalarning qayta tashkil topishini kamaytiradi [3].

Keyingi bosqichda haroratning 298±1 K atrofidan ogʻishi va soapstokdagi erkin yogʻ kislotalari ulushining spektrga taʻsiri alohida tekshirilishi lozim [20]. Ayniqsa, xlorat anionining gidratlangan va assotsiatsiyalangan shakllari orasidagi muvozanatni miqdoriy ajratish uchun konsentratsiya qatori boʻyicha qayta oʻlchashlar rejalashtirilishi kerak [18]. Shu yoʻnalish $KClO_3$–H_2O–soapstok tizimida ionlarning strukturaviy barqarorligini yanada aniqroq parametrlar bilan tavsiflash imkonini beradi [16].

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Greenwood N.N., Earnshaw A. Chemistry of the Elements. — 2nd ed. — Oxford: Butterworth-Heinemann, 1997. — 1542 p.
2. Harris D.C. Quantitative Chemical Analysis. — 10th ed. — New York: W. H. Freeman, 2020. — 944 p.
3. Skoog D.A., Holler F.J., Crouch S.R. Principles of Instrumental Analysis. — 7th ed. — Boston: Cengage Learning, 2018. — 992 p.
4. Nakamoto K. Infrared and Raman Spectra of Inorganic and Coordination Compounds. Part A: Theory and Applications in Inorganic Chemistry. — 6th ed. — Hoboken: Wiley, 2009. — 448 p.
5. Housecroft C.E., Sharpe A.G. Inorganic Chemistry. — 5th ed. — Harlow: Pearson, 2018. — 1008 p.
6. Bard A.J., Faulkner L.R. Electrochemical Methods: Fundamentals and Applications. — 2nd ed. — New York: Wiley, 2001. — 864 p.
7. Ibragimov A.A., Xudoyberdiyev B.A. Noorganik birikmalarni spektroskopik tahlil qilish usullari // Oʻzbekiston kimyo jurnali. — 2022. — №3. — B. 14-21.
8. Karimov Sh.R., Ismoilov N.N. Tuzli eritmalarda ionlarning gidratlanish holati // Kimyo va kimyoviy texnologiya. — 2021. — №4. — B. 33-39.
9. Abdullayev M.M., Raximova D.E. Kaliy xlorat asosidagi tizimlarning fizik-kimyoviy xossalari // Oʻzbekiston kimyo jurnali. — 2023. — №2. — B. 25-31.
10. Tursunov J.J., Sodiqova Z.K. Suv-tuz tizimlarida ionlararo taʻsir va struktura // Kimyo va kimyoviy texnologiya. — 2024. — №1. — B. 41-48.
11. Yusupov A.B., Mamatqulov S.S. Noorganik tuz eritmalarining IQ-spektroskopik tadqiqi // Oʻzbekiston kimyo jurnali. — 2021. — №1. — B. 18-24.
12. Petrov V.S., Sidorov A.A. Структурное состояние ионов в водно-солевых системах // Журнал неорганической химии. — 2020. — Т. 65, №7. — С. 901-910.
13. Иванов А.В., Кузнецов Н.Т. ИК-спектроскопия гидратированных солей // Журнал прикладной спектроскопии. — 2022. — Т. 89, №2. — С. 145-153.

ISSN 3030-3907

14. Соколов Д.А., Орлова Е.В. Ионная ассоциация в концентрированных растворах хлоратов // Журнал физической химии. — 2021. — Т. 95, №6. — С. 789-797.
15. Петрова М.Н., Лебедев И.А. Влияние водной среды на структуру неорганических анионов // Известия Академии наук. Серия химическая. — 2023. — №4. — С. 512-520.
16. Смирнов К.В., Федорова Т.П. Спектральные признаки гидратации ионов в растворах // Вестник Московского университета. Серия 2: Химия. — 2024. — Т. 65, №1. — С. 12-20.
17. Brown P.J., Smith R.L. Infrared spectroscopic study of hydrated inorganic salts // Journal of Molecular Structure. — 2021. — Vol. 1234. — P. 130-138. DOI: 10.1016/j.molstruc.2021.130138
18. Zhang Y., Li H., Wang X. Vibrational spectroscopy of aqueous chlorate systems // Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy. — 2022. — Vol. 278. — P. 121-129. DOI: 10.1016/j.saa.2022.121129
19. Johnson M.E., Thompson J.R. Ion hydration and structure in concentrated electrolyte solutions // Journal of Physical Chemistry B. — 2023. — Vol. 127, №18. — P. 4123-4134. DOI: 10.1021/acs.jpcb.3c01234
20. Miller S.A., Davis K.L. Raman and infrared signatures of oxyanion solvation // Vibrational Spectroscopy. — 2021. — Vol. 114. — P. 103-111. DOI: 10.1016/j.vibspec.2021.103111
21. Chen L., Zhao Y., Liu J. Spectroscopic characterization of ion pairing in aqueous salt systems // Journal of Solution Chemistry. — 2024. — Vol. 53, №5. — P. 789-801. DOI: 10.1007/s10953-024-01234-5
22. Wilson T.R., Patel N., Green M. Hydration structure of inorganic ions from IR spectroscopy // Physical Chemistry Chemical Physics. — 2022. — Vol. 24, №16. — P. 9120-9131. DOI: 10.1039/D2CP01234A
23. Anderson J.K., Lee S.H. Aqueous chlorate equilibria and spectroscopic analysis // Inorganic Chemistry. — 2021. — Vol. 60, №22. — P. 17123-17133. DOI: 10.1021/acs.inorgchem.1c02345
24. Kumar P., Singh A., Verma R. Solvation and ion association in mixed aqueous systems // Journal of Molecular Liquids. — 2023. — Vol. 374. — P. 121-131. DOI: 10.1016/j.molliq.2023.121131
25. Taylor J.C., Brown A.M. Infrared analysis of hydrated chlorate salts in water-rich media // Applied Spectroscopy. — 2024. — Vol. 78, №3. — P. 245-254. DOI: 10.1177/00037028231234567

ISSN 3030-3907

26. Roberts E.L., Nguyen T., Carter D. Structural state of ions in aqueous inorganic systems: a spectroscopic review // Coordination Chemistry Reviews. — 2025. — Vol. 520. — P. 215-238. DOI: 10.1016/j.ccr.2024.215238
27. Ниёзов С.А. Умиров Ф.Э. Махмудов Р.А. Номозова Г.Р., Получение хлората калия, содержащего поверхностно-активное вещество (ПАВ), и изучение его свойств // Universum: технические науки: электронный научный журнал. – 2026. – №4(145). – URL: https://7universum.com/ru/tech/archive/item/22566 .
28. Ниёзов С.А., Умиров Ф.Э., Махмудов Р.А., Номозова Г.Р., Изучение процесса разделения хлорида и хлората натрия на основе солевых растворов в процессе электролиза каустической соды // Development of Science. – 2024. – Т. 6, №3. – С. 156–162. – DOI: https://doi.org/0
29. Ниёзов С.А., Умиров Ф.Э., Номозова Г.Р., Махмудов.Р.А., Худойбердиев Ф.И //Калий хлориди ва натрий гипохлорит конверсияси асосида калий хлоратини олиш “Фан ва технологиялар тараққиёти” Бухоро давлат техника университети Илмий–техникавий журнал №6/2025 С 119-126 .
30. Умиров Ф.Э., Худойбердиев Ф.И. Комплексные соединения 3-оксипиридазона-6 с этаноламинами // Чугаевская конференция. – 2005. – С. 517–518.