



SURXONDARYO VILOYATI YERUSTI SUVLARI TARKIBIDAGI METALL IONLARI MIQDORINI VOLTAMPERMETRIK USULDA ANIQLASH

tfn., dots. Jumayeva Zulxumor Ergashevna,

Termiz davlat universiteti o'qituvchisi;

Qoryog'diyeva Nilufar Jura qizi

TerDu magistranti nilufarqoryogdiyeva671@gmail.com

Jo'rayeva Sitora Soatmurod qizi

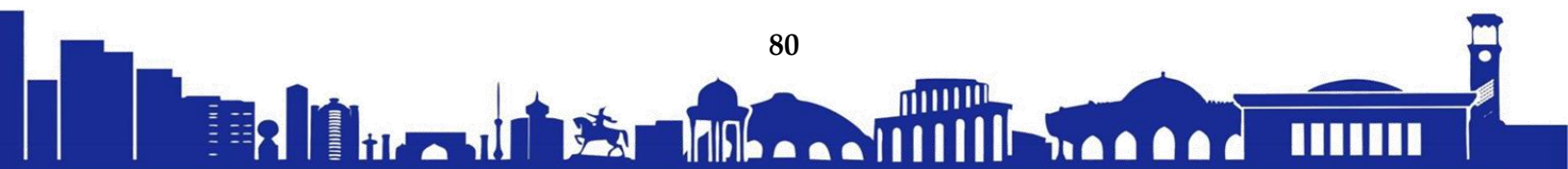
TerDu magistranti

Sjorayeva002@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada Surxondaryo viloyati yerusti suvlari tarkibidagi metall ionlarini voltampermetrik usulda aniqlashning ilmiy-amaliy ahamiyati, metodik asoslari, namuna olish tartibi, tahlil jarayonining bosqichlari va ekologik monitoringdagi o'rni yoritiladi. Surxondaryo viloyati Amudaryo havzasi bilan bog'liq bo'lgan murakkab gidroekologik hudud hisoblanadi. Viloyat hududida Surxondaryo, To'palangdaryo, Qoratog'daryo, Sherobodaryo, kanallar, suv omborlari va kollektor-drenaj tarmoqlari mavjud bo'lib, ular qishloq xo'jaligi, ichimlik suvi ta'minoti, sanoat va maishiy ehtiyojlarda muhim manba sifatida foydalaniladi. Metall ionlari, xususan Cu^{2+} , Zn^{2+} , Pb^{2+} , Cd^{2+} , Fe^{3+} , Mn^{2+} , Ni^{2+} va Cr^{3+} ionlarining suvda ortiqcha to'planishi suv ekotizimlari, tuproq unumdorligi, o'simliklar fiziologiyasi va inson salomatligi uchun xavf tug'dirishi mumkin. Voltampermetrik usul metall ionlarini past konsentratsiyalarda aniqlashga imkon beradigan sezgir, nisbatan tezkor va laboratoriya hamda dala monitoringi uchun qulay elektroanalitik metodlardan biridir. O'zbekiston gidrometeorologik monitoring tizimida og'ir metallar qatorida mis, rux, kadmiy, temir, simob va xrom kabi ko'rsatkichlar kuzatilishi qayd etilgan.

Kalit so'zlar: Surxondaryo, yerusti suvlari, metall ionlari, voltampermetriya, anodli stripping voltampermetriya, mis, rux, qo'rg'oshin, kadmiy, ekologik monitoring, suv sifati.

Kirish. Surxondaryo viloyati suv resurslari tabiiy-geografik joylashuvi, tog' oldi hududlari, sug'orma dehqonchilik maydonlari, aholi punktlari va sanoat obyektlari bilan chambarchas bog'liq. Hududdagi daryo va kanallar nafaqat suv ta'minoti manbai, balki





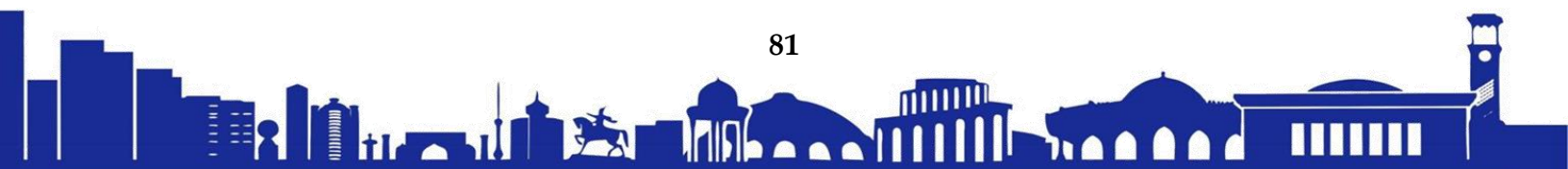
qishloq xo‘jaligi ishlab chiqarishi, kommunal xo‘jalik, baliqchilik va ekologik barqarorlikni ta‘minlovchi asosiy tabiiy tizim hisoblanadi. Shu sababli suv tarkibidagi metall ionlarini aniqlash oddiy laboratoriya vazifasi emas, balki mintaqaning ekologik xavfsizligi, aholi salomatligi va suvdan oqilona foydalanish siyosati bilan bog‘liq ilmiy-amaliy masaladir.

Surxondaryo daryosi Amudaryo havzasining muhim irmoqlaridan biri bo‘lib, uning suv sifati tabiiy minerallashuv, tog‘ jinslari bilan kontakt, qishloq xo‘jaligi oqimlari, maishiy oqava suvlar va ayrim sanoat manbalari ta‘sirida shakllanadi. Amudaryo suv sifati bo‘yicha tayyorlangan tahliliy manbalarda Surxondaryo daryosida suv sifatiga sanoat va kommunal oqavalar, shuningdek qishloq xo‘jaligi kimyoviy moddalari ta‘sir qilishi qayd etilgan. Bu holat Surxondaryo viloyatida metall ionlari monitoringini epizodik emas, balki doimiy va standartlashtirilgan tartibda olib borish zarurligini ko‘rsatadi.

Metall ionlari suv muhitida ikki xil ahamiyatga ega. Ayrimlari mikroelement sifatida biologik jarayonlar uchun zarur bo‘lishi mumkin. Masalan, mis, rux, temir va marganes tirik organizmlarda fermentativ jarayonlarda qatnashadi. Biroq ularning me‘yordan ortiq miqdori toksik ta‘sir ko‘rsatadi. Qo‘rg‘oshin va kadmiy kabi elementlar esa juda past konsentratsiyalarda ham ekologik va toksikologik xavf tug‘diradi. Shu sababli suvdagi metall ionlarini aniqlashda usulning sezgirligi, selektivligi, takrorlanuvchanligi va namuna matritsasining ta‘sirini hisobga olish zarur.

Adabiyotlar tahlili. Suv tarkibidagi og‘ir metallarni aniqlashda atom-absorbsion spektrometriya, induktiv bog‘langan plazma mass-spektrometriyasi, spektrofotometriya va voltampermetriya keng qo‘llanadi. Spektrometrik metodlar yuqori aniqlikka ega, ammo ko‘pincha qimmat apparatura, murakkab tayyorlash jarayoni va maxsus laboratoriya sharoitini talab qiladi. Voltampermetrik metodlarning ustunligi shundaki, ular kichik miqdordagi namuna bilan ishlaydi, past aniqlash chegarasiga ega, bir nechta metall ionlarini ketma-ket yoki bir vaqtda aniqlash imkonini beradi va nisbatan ixcham qurilmalar orqali ekologik monitoringda qo‘llanishi mumkin. Og‘ir metall ionlarini aniqlash bo‘yicha ilmiy sharhlarda voltammetriya sezgir, tezkor, portativ va dala sharoitiga mos elektroanalitik usullardan biri sifatida baholanadi.

Surxondaryo daryosi suvlarida og‘ir toksik metallarni aniqlash bo‘yicha mahalliy tadqiqotlar ham mavjud. Masalan, Surxondaryo daryosi suvlari tarkibidagi og‘ir toksik





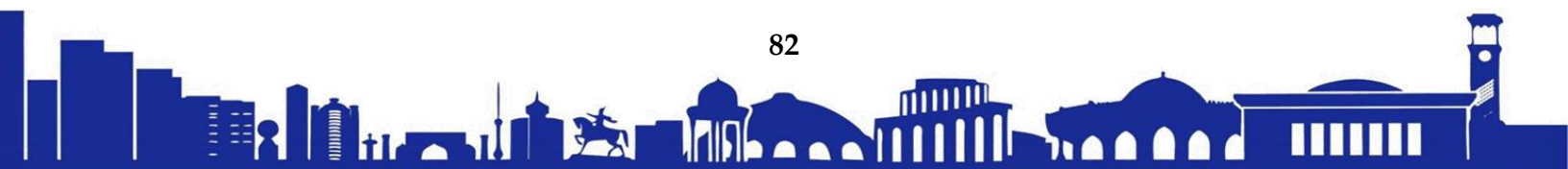
metallarni spektrofotometrik tahlil qilishga bag‘ishlangan ilmiy maqolada ushbu hudud suvlarida og‘ir metall miqdorini miqdoriy aniqlash masalasi ko‘tarilgan. Bu tadqiqotlar mavzuning mahalliy ilmiy asosga ega ekanligini ko‘rsatadi, biroq voltampermetrik yondashuv suv monitoringida yanada operativ va sezgir tahlil imkoniyatlarini beradi.

O‘zbekiston ichimlik suviga qo‘yiladigan gigiyenik talablar O‘zMSt 133:2024 standarti bilan tartibga solingan bo‘lib, ushbu standart markazlashtirilgan xo‘jalik-ichimlik suv ta‘minoti tizimlari orqali uzatiladigan ichimlik suviga taalluqli ekanligi ko‘rsatilgan. Yerusti suvlarini bevosita baholashda esa suvdan foydalanish turi, ekologik monitoring ko‘rsatkichlari va ruxsat etilgan chegaraviy konsentratsiyalar alohida tanlanishi kerak. Demak, daryo yoki kanal suvidagi metall ionlari natijalarini sharhlashda “ichimlik suvi me‘yori” bilan “yerusti suv obyekti ekologik holati”ni aralashtirib yuborish xato bo‘ladi.

Asosiy qism. Voltampermetriya elektrokimyoviy tahlil usuli bo‘lib, unda elektrod yuzasida sodir bo‘ladigan oksidlanish-qaytarilish jarayonlari natijasida hosil bo‘lgan tok kuchi potensialga bog‘liq holda o‘lchanadi. Metall ionlarini aniqlashda ko‘pincha **anodli stripping voltampermetriya** qo‘llanadi. Bu usul ikki asosiy bosqichdan iborat. Avval metall ionlari ishchi elektrod yuzasida qaytarilib, metall holatida yig‘iladi. Keyin potensial anod yo‘nalishda o‘zgartiriladi va elektrod yuzasida yig‘ilgan metall qayta oksidlanadi. Shu jarayonda hosil bo‘lgan tok cho‘qqisi metall ionining konsentratsiyasiga proporsional bo‘ladi.

Masalan, mis ionini aniqlashda jarayon shartli ravishda quyidagicha ifodalanadi: Cu^{2+} ionlari elektrod yuzasida elektron qabul qilib Cu^0 holatiga o‘tadi, keyin anodli skanerlash vaqtida Cu^0 yana Cu^{2+} ga oksidlanadi. Rux, kadmiy va qo‘rg‘oshin ionlari ham o‘ziga xos potentsiallarda tok cho‘qqilarini beradi. Shuning uchun voltammogrammada har bir metall ioniga mos cho‘qqi joylashuvi va balandligi tahlil qilinadi. **Cho‘qqi potentsiali metall turini, cho‘qqi toki esa uning miqdorini aniqlashga xizmat qiladi.**

Tadqiqot uchun Surxondaryo viloyatining gidroekologik xususiyatlarini hisobga olgan holda namuna olish punktlari tanlanadi. Bunday punktlar Surxondaryo daryosining yuqori, o‘rta va quyi oqimi, To‘palangdaryo, Qoratog‘daryo, Sheroboddaryo, Uchqizil suv ombori, irrigatsiya kanallari va aholi punktlariga yaqin joylardan iborat bo‘lishi mumkin. Namuna olishda suv oqimining tezligi, chuqurligi, qirg‘oqdan masofa, mavsum, yog‘ingarchilik holati va antropogen manbalarga yaqinlik hisobga olinadi. Eng maqbul





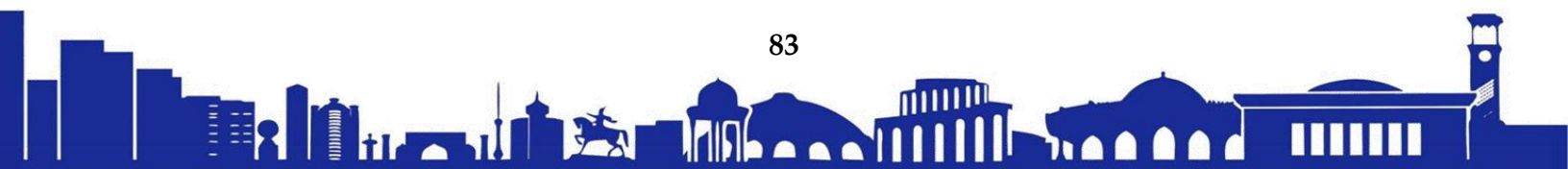
yondashuv bahor, yoz, kuz va qish mavsumlarida takroriy namuna olishdir, chunki metall ionlari miqdori suv sarfi, minerallashuv, harorat, sugʻorish mavsumi va oqava suvlarning taʼsiriga qarab oʻzgaradi.

Namuna olishda polietilen yoki polipropilen idishlar oldindan kislota bilan yuviladi, distillangan suv bilan chayiladi va namuna bilan bir necha marta yuvilgandan keyin toʻldiriladi. Metall ionlarini saqlash uchun namuna odatda azot kislotasi bilan pH 2 atrofida kislotalanadi. Bu metallarning idish devoriga adsorbsiyalanishi yoki gidroksid shaklida choʻkishini kamaytiradi. Laboratoriyaga yetkazilgunga qadar namuna sovuq sharoitda saqlanadi. Filtrlangan va filtrlanmagan namuna farqi ham muhim. Filtrlangan namuna erigan metall shakllarini, filtrlanmagan namuna esa umumiy metall miqdorini baholashga xizmat qiladi.

Voltampermetrik aniqlashda ishchi elektrod sifatida simob plyonkali elektrodlar, vismut plyonkali elektrodlar, oltin elektrodlar, shisha-uglerod elektrodleri yoki modifikatsiyalangan uglerod elektrodleri ishlatilishi mumkin. Zamonaviy ekologik tahlilda simobning toksikligi sababli vismut plyonkali va uglerod asosidagi modifikatsiyalangan elektrodlar koʻproq afzal koʻriladi. Fon elektrolit sifatida asetat bufer, nitratli muhit yoki boshqa mos elektrolitlar qoʻllanadi. pH qiymati, yigʻish potentsiali, yigʻish vaqti, aralashirish tezligi, impuls amplitudasi va skanerlash tezligi signalning aniqligi va sezgirligiga kuchli taʼsir qiladi.

Metodika. Tadqiqotda aniqlanishi kerak boʻlgan metall ionlari sifatida Cu^{2+} , Zn^{2+} , Pb^{2+} va Cd^{2+} tanlanadi. Zarurat boʻlsa, Fe^{3+} , Mn^{2+} , Ni^{2+} va Cr^{3+} ionlari alohida elektrokimyoviy sharoitlarda yoki kompleks hosil qiluvchi reagentlar yordamida aniqlanadi. Har bir metall uchun standart eritmalar tayyorlanadi. Kalibrlash grafigi kamida besh xil konsentratsiya boʻyicha tuziladi. Har bir oʻlchov kamida uch marta takrorlanadi. Aniqlash chegarasi, chiziqlilik diapazoni, nisbiy standart ogʻish va qayta tiklanish darajasi hisoblanadi.

Miqdoriy hisoblashda standart qoʻshish usuli ayniqsa foydali. Chunki Surxondaryo yerusti suvlari tarkibida tuzlar, organik moddalar, loyqa zarrachalar va boshqa ionlar mavjud boʻlib, ular voltampermetrik signalga taʼsir qilishi mumkin. Standart qoʻshish usulida avval tabiiy namuna oʻlchanadi, keyin shu namunaga maʼlum miqdorda standart metall eritmasi qoʻshiladi. Tok choʻqqisining ortishi asosida asl namunadagi metall





ionining miqdori hisoblanadi. Bu yondashuv matritsa ta'sirini kamaytiradi va natijani ishonchliroq qiladi.

Natijalarni rasmiylashtirishda quyidagi jadval shakli qulay hisoblanadi. Bu jadval real laboratoriya natijasi emas, balki tadqiqot natijalarini qanday berish kerakligini ko'rsatuvchi namunaviy shakldir.

Namuna punkti	Cu ²⁺ , mg/l	Zn ²⁺ , mg/l	Pb ²⁺ , mg/l	Cd ²⁺ , mg/l	Izoh
Surxondaryo yuqori oqimi	laboratoriya natijasi kiritiladi	laboratoriya natijasi kiritiladi	laboratoriya natijasi kiritiladi	laboratoriya natijasi kiritiladi	tabiiy fon baholanadi
Surxondaryo o'rta oqimi	laboratoriya natijasi kiritiladi	laboratoriya natijasi kiritiladi	laboratoriya natijasi kiritiladi	laboratoriya natijasi kiritiladi	aholi punkti ta'siri ko'riladi
Surxondaryo quyi oqimi	laboratoriya natijasi kiritiladi	laboratoriya natijasi kiritiladi	laboratoriya natijasi kiritiladi	laboratoriya natijasi kiritiladi	irrigatsion va oqava ta'sir baholanadi
To'palangdaryo	laboratoriya natijasi kiritiladi	laboratoriya natijasi kiritiladi	laboratoriya natijasi kiritiladi	laboratoriya natijasi kiritiladi	tog' oldi suv manbasi
Sherobodaryo	laboratoriya natijasi kiritiladi	laboratoriya natijasi kiritiladi	laboratoriya natijasi kiritiladi	laboratoriya natijasi kiritiladi	antropogen yuklama tahlil qilinadi

Tahlil va natijalarni baholash. Voltampermetrik natijalar uch darajada sharhlanadi. Birinchi daraja analitik baholashdir. Bunda signal cho'qqilarining ajralishi, takrorlanuvchanlik, kalibrash grafigining chiziqiligi va fon signalining barqarorligi tekshiriladi. Agar Pb²⁺ va Cd²⁺ cho'qqilari bir-biriga yaqin chiqsa, elektrolit pH qiymati, elektrod turi yoki impuls parametrlari qayta optimallashtiriladi. Agar Cu²⁺ signali Zn²⁺





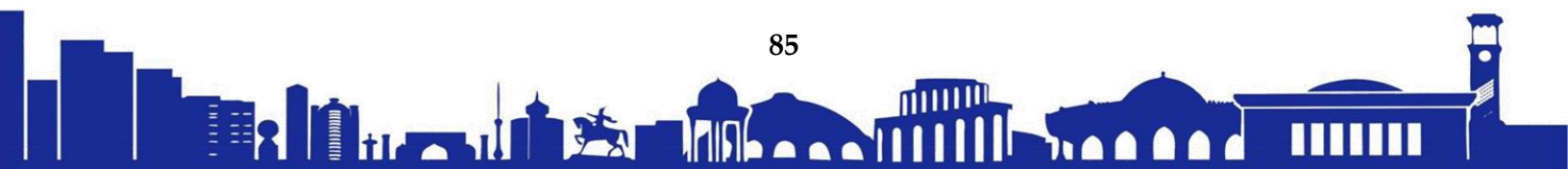
yoki Pb^{2+} signaliga xalaqit bersa, kompleks hosil qiluvchi muhit yoki alohida aniqlash sharoiti tanlanadi.

Ikkinchi daraja ekologik baholashdir. Bunda metall ionlari miqdori namuna punktlari bo'yicha solishtiriladi. Yuqori oqimdagi past konsentratsiya tabiiy fonni ko'rsatishi mumkin. O'rta va quyi oqimda metall ionlari ortsa, bu aholi punktlari, sanoat yoki qishloq xo'jaligi oqimlari ta'sirini ko'rsatadi. Kollektor-drenaj suvlarida ayrim metall ionlarining ko'payishi sug'oriladigan yerlar, o'g'itlar, pestitsid qoldiqlari, tuproq minerallashuvi va ikkilamchi sho'rlanish bilan bog'liq bo'lishi mumkin. O'zbekiston bo'yicha ekologik hisobotlarda Amudaryo va Sirdaryo kimyoviy tarkibiga qishloq xo'jaligi, sanoat va kommunal manbalar ta'siri borligi qayd etiladi.

Uchinchi daraja amaliy baholashdir. Agar ayrim punktlarda metall ionlari muntazam yuqori chiqsa, monitoring kuchaytiriladi, manba aniqlanadi, oqava suvlarni tozalash holati tekshiriladi, fermer xo'jaliklari va sanoat obyektlaridagi suvdan foydalanish jarayoni qayta ko'rib chiqiladi. Suv sifati bo'yicha monitoringda ifloslanish indeksi ham qo'llanadi. O'zgidromet monitoring sahifasida suv ifloslanish indeksi bo'yicha I daraja "juda toza", II daraja "toza", III daraja esa keyingi sifat sinfi sifatida ko'rsatilgan. Metall ionlari monitoringini aynan shunday integral baholash tizimi bilan bog'lash ekologik xulosani aniqroq qiladi.

Muhokama. Surxondaryo viloyatida voltampermetrik usulni qo'llashning asosiy afzalligi uning operativligidir. Spektrometrik metodlar bilan solishtirganda voltampermetriya tezkor, kam reagent talab qiladi va bir qator hollarda dala sharoitiga moslashtirilishi mumkin. Bu ayniqsa sug'orish mavsumida, suv omborlari sathi o'zgarganda yoki oqava ta'siri kuchaygan davrda foydali. Biroq usulning cheklavlari ham bor. Tabiiy suv matritsasi murakkab bo'lgani uchun organik moddalar, loyqa zarrachalar, xloridlar, sulfatlar va boshqa ionlar signalga ta'sir qilishi mumkin. Shu sababli har bir namuna turi uchun elektrod yuzasini tayyorlash, fon elektrolitni tanlash, standart qo'shish va nazorat namunalarini ishlatish majburiydir.

Metall ionlari monitoringida eng katta xato natijani bitta o'lchov asosida umumlashtirishdir. Daryo suvi dinamik tizimdir. Bugungi natija ertangi holatni to'liq ifodalaymaydi. Shuning uchun ishonchli ilmiy xulosa olish uchun kamida mavsumiy monitoring, har bir punktdan takroriy namuna, parallel o'lchov va boshqa metod bilan solishtirish zarur. Masalan, voltampermetrik usulda olingan natijalar atom-absorbsion





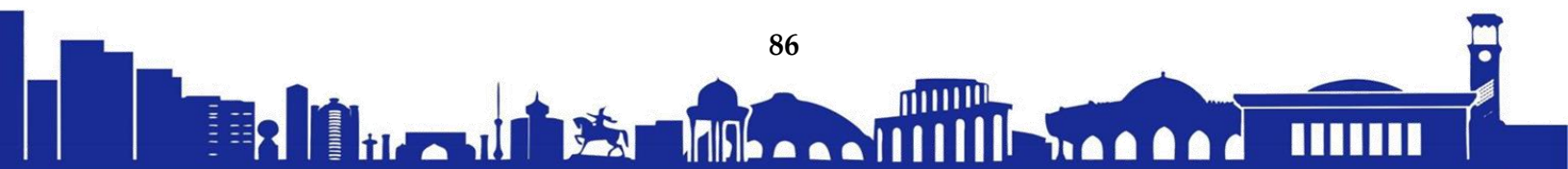
spektrometriya yoki spektrofotometriya bilan qisman verifikatsiya qilinsa, natijaning ilmiy ishonchliligi oshadi.

Tadqiqotning amaliy qiymati shundaki, u Surxondaryo viloyatida suv resurslaridan foydalanish, qishloq xo'jaligi maydonlari atrofidagi ekologik xavflarni baholash, aholi yashash punktlari yaqinidagi suv obyektlarini nazorat qilish va suv havzalarining antropogen yuklamasini aniqlashga xizmat qiladi. Ayniqsa Denov, Sho'rchi, Termiz, Sherobod va boshqa aholi-sanoat markazlariga yaqin suv havzalarida metall ionlari monitoringi kuchaytirilishi kerak. Real natijalar asosida xavf xaritasi tuzilsa, qaysi hududlarda suv sifati barqaror, qaysi hududlarda antropogen ta'sir kuchli ekanligi aniq ko'rinadi.

Xulosa. Surxondaryo viloyati yerusti suvlari tarkibidagi metall ionlarini voltampermetrik usulda aniqlash ekologik monitoring, suvdan oqilona foydalanish va mintaqaviy ekologik xavfsizlik uchun muhim ilmiy-amaliy yo'nalish hisoblanadi. **Voltampermetriya metall ionlarini past konsentratsiyalarda aniqlash, tezkor tahlil qilish va namuna punktlari bo'yicha solishtirma monitoring olib borish imkonini beradi.** Tadqiqotning ishonchliligi esa to'g'ri namuna olish, standart qo'shish usulidan foydalanish, elektrod sharoitlarini optimallashtirish, takroriy o'lchovlar va natijalarni boshqa analitik metodlar bilan tekshirishga bog'liq. Surxondaryo sharoitida bunday yondashuv suv havzalarida mis, rux, qo'rg'oshin, kadmiy, temir, marganes, nikel va xrom ionlari bo'yicha real ekologik holatni baholashga, ifloslanish manbalarini aniqlashga hamda suv resurslarini muhofaza qilish bo'yicha aniq chora-tadbirlar ishlab chiqishga xizmat qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. O'zMSt 133:2024. Ichimlik suvi. Gigiyenik talablar va sifatini nazorat qilish. - Toshkent: Standartlar instituti, 2024.
2. Analysis of the water quality parameters in the Amudarya River. - CAWater-Info, 2017.
3. Babamuratov B. E. Spectrophotometric analysis of the waters of the Surkhandarya River of the Republic of Uzbekistan for determination of heavy toxic metals // Theoretical & Applied Science. - 2021. - № 09. - P. 471-475.



4. Lu Y., Liang X., Niyungeko C., Zhou J., Xu J., Tian G. A review of the identification and detection of heavy metal ions in the environment by voltammetry // Talanta. - 2018. - Vol. 178. - P. 324–338.
5. Zhang J. et al. Review of underwater in situ voltammetry analyzers for heavy metal monitoring // Chemosensors. - 2024. - Vol. 12. - № 8.