

**САМАРҚАНД ДАВЛАТ УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ ФАЛСАФА  
ДОКТОРИ ИЛМИЙ ДАРАЖАСИНИ БЕРУВЧИ PhD.03/30.12.2019.К.02.05  
РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**ТЕРМИЗ ДАВЛАТ УНИВЕРСИТЕТИ**

**ТИЛЛАЕВ ХОЛМАМАТ РАХМОНОВИЧ**

**СУРХОНДАРЁ СУВЛАРИ ТАРКИБИДАГИ БАЪЗИ ОҒИР ВА  
ЗАҲАРЛИ МЕТАЛЛАР ИОНЛАРИНИ АНИҚЛАШНИНГ  
СПЕКТРОФОТОМЕТРИК ВА СОРБЦИОН-ФОТОМЕТРИК  
УСУЛЛАРИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ**

**02.00.02 – Аналитик кимё**

**КИМЁ ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)  
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

**Самарқанд – 2020**

**Кимё фанлари бўйича фалсафа (PhD) доктори диссертацияси  
автореферати мундарижаси**

**Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD) по  
химическим наукам**

**Contents of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD) on  
chemical sciences**

**Тиллаев Холмамат Рахмонович**

Сурхондарё сувлари таркибидаги баъзи оғир ва заҳарли  
металлар ионларини аниқлашнинг спектрофотометрик ва  
сорбцион-фотометрик усуллари ишлаб чиқиш..... 3

**Тиллаев Холмамат Рахмонович**

Разработка спектрофотометрического и сорбционно-  
фотометрического методов определения ионов некоторых  
тяжелых и токсичных металлов в Сурхандарьинских водах ..... 21

**Tillaev Kholmamat**

Development of spectrophotometric and sorption-photometric  
methods for the determination of ions of certain heavy and toxic  
metals in Surkhandarya waters..... 39

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ

List of published works..... 43

**САМАРҚАНД ДАВЛАТ УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ ФАЛСАФА  
ДОКТОРИ ИЛМИЙ ДАРАЖАСИНИ БЕРУВЧИ PhD.03/30.12.2019.К.02.05  
РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**ТЕРМИЗ ДАВЛАТ УНИВЕРСИТЕТИ**

**ТИЛЛАЕВ ХОЛМАМАТ РАХМОНОВИЧ**

**СУРХОНДАРЁ СУВЛАРИ ТАРКИБИДАГИ БАЪЗИ ОҒИР ВА  
ЗАҲАРЛИ МЕТАЛЛАР ИОНЛАРИНИ АНИҚЛАШНИНГ  
СПЕКТРОФОТОМЕТРИК ВА СОРБЦИОН-ФОТОМЕТРИК  
УСУЛЛАРИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ**

**02.00.02 – Аналитик кимё**

**КИМЁ ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)  
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

**Самарқанд – 2020**

Кимё фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси хузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2020.2.PhD/К275 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Термиз давлат университетиде бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб-саҳифада [www.samdu.uz](http://www.samdu.uz) манзилига ҳамда «ZiyoNET» ахборот-таълим порталида ([www.ziyo.net](http://www.ziyo.net)) манзилига жойлаштирилган.

**Илмий раҳбар:**

**Тураев Хайит Худайназарович**  
кимё фанлари доктори, профессор

**Расмий оппонентлар:**

**Аронбаев Сергей Дмитриевич**  
кимё фанлари доктори, профессор

**Яхшиева Зухра Зиятовна**  
кимё фанлари доктори, доцент

**Етакчи ташкилот:**

**Ўзбекистон Миллий университети**

Диссертация ҳимояси Самарқанд давлат университети хузуридаги PhD.03/30.12.2019.К.02.05 рақамли Илмий кенгашнинг “9” 06 2020 йил соат “14:00” даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 140104, Самарқанд ш., Университет хиёбони, 15-уй, физика-кимё биноси, 3-қават, 305-хона. Тел.: (+99866) 239-11-40; факс: (+99866) 239-11-40; E-mail: [devonxona@samdu.uz](mailto:devonxona@samdu.uz)).

Диссертация билан Самарқанд давлат университетининг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (32 рақами билан рўйхатга олинган). (Манзил: 140104, Самарқанд ш., Университет хиёбони, 15-уй, Ахборот-ресурс маркази. Тел.: (+99866) 239-11-51)

Диссертация автореферати 2020 йил «2» 06 куни тарқатилган.  
(2020 йил «2» 06 даги 4 - рақамли реестр баённомаси)



## **КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)**

**Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати.** Бугунги кунда табиий сувлардаги оғир ва захарли металлларнинг (ОЗМ) микроикдорларини аниқлашда қўлланиладиган кўплаб усуллар мавжуд. Шу билан бирга, ҳозирда кенг тарқалган физик-кимёвий усуллар ҳам намуна таркибидаги макро ва микрокомпонентларнинг анализ натижаларига таъсири, шунингдек, аниқланадиган элементлар концентрациясининг жуда кам бўлиши сабабли ҳар доим ҳам ушбу муаммонинг тўғридан-тўғри ечимини таъминлай олмайди. Мураккаб таркибли эритмалардан элементларни концентрлашда селективлик ва самарадорликни таъминлайдиган сорбцион усуллар ушбу талабларга жавоб беради. Атроф-муҳитдаги ОЗМ нинг микдорини уларнинг рухсат этилган максимал концентрацияси даражасида мониторинг қилиш катта амалий аҳамиятга эга.

Жаҳонда олиб борилаётган илмий изланишларда ОЗМ ионларини концентрлаш усулларини ишлаб чиқиш бўйича бажарилаётган кенг кўламли тадқиқотлар элементларни ёки элементлар гуруҳини мураккаб кимёвий таркибли эритмалардан ажратиш олишга, уларни аниқлаш чегарасини камайтиришга, макро ва микрокомпонентларнинг таъсирини йўқ қилишга ёки сезиларли даражада камайтиришга имкон беради. Табиий ва оқова сувлар таркибидаги микроэлементларни концентрлаш ва ажратишда кўпинча сорбция усулларидан фойдаланилади. Шунинг учун ОЗМ ионларини аниқлаш учун самарали сорбцион-фотометрик ва спектрофотометрик усулларни ишлаб чиқиш бугунги кунда муҳим аҳамият касб этади.

Мамлакатимизда кимё саноатида янги турдаги материаллар ишлаб чиқариш йўналишида маълум натижаларга эришилди, жумладан маҳаллий бозорни импорт ўрнини босувчи кимёвий реагентлар билан таъминлаш соҳасида кенг кўламли тадбирлар амалга оширилди. Таъкидлаш жоизки, Республикаимизда, инновацион технологияларни тадбиқ этиш орқали саноат объектларини юритишнинг илмий асосланган тизими ва атроф-муҳитни муҳофаза қилишнинг чора-тадбирларини амалга оширишга катта эътибор қаратилмоқда. Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида<sup>1</sup> «Маҳаллий хомашё ресурсларини чуқур қайта ишлаш асосида, юқори қўшимча қийматли тайёр маҳсулот ишлаб чиқаришни янада жадаллаштириш, сифат жиҳатдан янги маҳсулот ва технология турларини ўзгартиришга» қаратилган муҳим вазифалар белгилаб берилган. Бу борада республикаимизда маҳаллий сорбцион материаллардан фойдаланган ҳолда олдиндан концентрлаш орқали ОЗМ ионларини аниқлашнинг самарали, тезкор ва иқтисодий жиҳатдан арзон усулларини ишлаб чиқиш муҳим аҳамиятга эга.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги «2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги ПФ-4947-сонли Фармони ва 2019 йил 3

---

<sup>1</sup> Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги Фармони.

апрелдаги «Кимё саноатини янада ислоҳ қилиш ва унинг инвестициявий жозибдорлигини ошириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги ПҚ-4265-сонли Қарори ижросини таъминлашда ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишда ушбу диссертация тадқиқоти натижалари муайян даражада хизмат қилади.

**Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига боғлиқлиги.** Мазкур тадқиқот Республика фан ва технологиялар ривожланишининг VII. Кимё, кимёвий технологиялар ва нанотехнологиялар устувор йўналишига мувофиқ бажарилган.

**Муаммонинг ўрганилганлик даражаси.** Дунёда ОЗМ ионларини оптик, шу жумладан, фотометрик ва спектрофотометрик аниқлаш усулларида кенг фойдаланилади, бироқ анализни бажаришга кўплаб ионлар ҳалал беради, шунинг учун бу усулларнинг натижалари кўпинча етарлича аниқлик ва сезгирликка эга эмас. Атроф-муҳит объектларидаги ОЗМ ионларини уларнинг рухсат этилган максимал концентрацияси даражасида назорат қилишда ўта сезгир ва танланган усулларга эҳтиёж ортиб бормоқда. Илмий адабиётларда кўплаб олимлар ушбу муаммони ҳал қилиш учун дастлабки сорбцион концентрлаш билан оптик усулларни таклиф қилишган.

Шуни таъкидлаш кераки, ОЗМ ионларининг миқдорини аниқлаш бўйича хорижда энг кўп учрайдиган ишлар, муаллифлар: Moore J., Xagivara K., Muraki I., Shar G. A., Soomro G.A., Guo Y., Friberg L., Nordberg G., Vouk V., Linnik P., Samanidou V., Choi H.S., Qinhan J., Tessier A., Coetzee L., Preez H., Narin I., Soylak M., Desai P., Bing G., Zhaang Z. ва бошқалар, шунингдек, ОЗМ ионларини аниқлашнинг спектрофотометрик усуллари ривожлантиришда МДХ давлатлари олимлари: Алимарин И.П., Бабко А.К., Пилипенко А.Т., Золотов Ю.А., Москвин Л.Н., Саввин С.Б., Шпигун О.А., Иванов В.М., Бусев А.И., Долманова И.Ф., Шпигун Т.Н., Дорохова Е.Н., Василев В.П., Булатов А.В. ва бошқалар катта ҳисса қўшганлар. Уларнинг тадқиқотлари ОЗМ ионларини концентрлаш ва спектрофотометрик аниқлашга қаратилган.

Уларнинг сафидан замонавий ўзбек олимлари ҳам кенг ўрин олган, шу жумладан, академик Ш.Т.Толипов томонидан Республика ва Ўрта Осиёда аналитиклар мактаби яратилди ва унинг аъзолари ўз ишларини ОЗМларни фотометрик, спектрофотометрик, комплексонометрик, инверсион-вольтамперометрик, амперометрик ва бошқа анализ усулларига бағишлади. Ўзбекистонда ушбу йўналишнинг ривожланиши Бабаев Н.Б., Хамракулов Т.К., Геворгян А.М., Рахматуллаев К.З., Круковская Е.Л., Шестерова И.П., Чапрасова Л.В., Кулматов Р.А., Файзуллаев О.Ф., Турабов Н.Т., Сманова З.А., Насимов А.М., Абдурахманов Э. каби олимларнинг тадқиқотлари билан боғлиқ. Буларнинг барчаси ОЗМ ионларини оптик усуллар билан аниқлашда уларни экологик ва аналитик мақсадда қўллаш учун амалий тадқиқотлар олиб бориш жуда муҳим эканлигини кўрсатади.

**Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги.** Диссертация тадқиқоти Термиз давлат университети илмий-тадқиқот ишлари

режасининг ОТ-Ф7-34 «Комплекс ҳосил қилувчи полифункционал ионитлар синтези ва улар ёрдамида баъзи d- металлларни ажратишнинг назарий асослари» (2017-2020) ва Ф-7-28 «Тўртламчи азот ва фосфор бирикмалари асосида бинар экстрагентлар синтези ва уларнинг нодир металллар билан координацион бирикмалари» (2012-2016) мавзуларидаги фундаментал лойиҳалар доирасида бажарилган.

**Тадқиқотнинг мақсади** кадмий (II), қўрғошин (II), мис (II), рух (II), симоб (II), хром (III) ионларини аниқлашнинг спектрофотометрик ва сорбцион-фотометрик усулларини ишлаб чиқиш ҳамда бу металл ионларининг Сурхондарё дарёси сувлари таркибидаги миқдорий тарқалишини аниқлашдан иборат.

**Тадқиқотнинг вазифалари:**

ТФГ-1 ва КФГ-1 ионитлари ёрдамида кадмий (II), қўрғошин (II), мис (II), рух (II), симоб (II) ва хром (III) ионларини сорбцион концентрлаш ва сорбция жараёнининг мақбул шароитларини аниқлаш;

Сурхондарё дарёси сувларида кадмий (II), қўрғошин (II), мис (II), рух (II), симоб (II) ва хром (III) ионларини аниқлаш учун спектрофотометрик ва сорбцион-фотометрик усулларни ишлаб чиқиш;

Сурхондарё дарёси сувидаги ОЗМ ионларини спектрофотометрик ва сорбцион-фотометрик усуллар билан аниқлаш ва таклиф қилинаётган усулларнинг аналитик параметрларини баҳолаш;

ишлаб чиқилган усулларни реал объектлар таркибидаги кадмий (II), қўрғошин (II), мис (II), рух (II), симоб (II) ва хром (III) ионларини аниқлаш учун лаборатория шароитида синовдан ўтказиш ҳамда уларни қўллаш учун турли мураккаб объектларни таҳлил қилишнинг рационал усулларини топиш;

Сурхондарё дарёси сувларидаги ОЗМ нинг тарқалиши ва кўчиш шакллари аниқлаш;

**Тадқиқотнинг объекти** сифатида кадмий (II), қўрғошин (II), мис (II), рух (II), симоб (II) ва хром (III) ионлари, Сурхондарё дарёси сувлари, ТФГ-1 ҳамда КФГ-1 ионитлари танланган.

**Тадқиқотнинг предмети** ТФГ-1 ва КФГ-1 ионитлари ёрдамида ОЗМ ни сорбцион концентрлаш, Сурхондарё дарёси суви таркибидаги ОЗМ ионларини спектрофотометрик ва сорбцион-фотометрик усуллар ёрдамида аниқлаш жараёнлари.

**Тадқиқотнинг усуллари.** Тадқиқот усуллари сифатида фотометрик, спектрофотометрик, ИҚ спектроскопик ва потенциометрик усуллар, шунингдек, олинган маълумотларни статистик қайта ишлаш усулларидан фойдаланилган.

**Тадқиқотнинг илмий янгилиги** қуйидагилардан иборат:

мис (II), рух (II), кадмий (II), қўрғошин (II), симоб (II) ва хром (III) ионларини КФГ-1 ва ТФГ-1 ионитлари ёрдамида сорбцион концентрлашнинг мақбул шароитлари аниқланган;

илк бор ОЗМ ионларини КФГ-1 ва ТФГ-1 ионитлари билан дастлабки концентрлаш орқали 0,13-19,5 мкг/л кадмий (II), 0,2-7,8 мкг/л қўрғошин (II), 0,1-1,5 мкг/л мис (II), 1-15 мкг/л рух (II), 0,12-4,4 мкг/л симоб (II) ва 0,12-1,8

мкг/л хром (III) ионларини сувли эритмалардан 0,01-0,04 чегарасидаги нисбий стандарт четланиш қиймати билан аниқлашнинг сорбцион-фотометрик ва спектрофотометрик аниқлаш усуллари ишлаб чиқилган;

ОЗМ ионларининг сувдаги миқдорини аниқлашнинг сорбцион-фотометрик ва спектрофотометрик усуллари кўллаб, мис (II), кўрғошин (II) ва симоб (II) ионларини юза сувларидаги рухсат этилган концентрациясининг ўндан бир улуши даражасида аниқланган;

ишлаб чиқилган усулларнинг тўғрилиги ва такрорланувчанлиги, ионлар миқдорини аниқлаш чегаралари метрологик баҳоланган, шунингдек, ОЗМ нинг Сурхондарё дарёси сувларида тарқалиш ҳамда кўчиш шакллари аниқланган.

**Тадқиқотнинг амалий натижаси** куйидагилардан иборат:

бинар ва мураккаб аралашмалар таркибидаги мис (II), рух (II), кадмий (II), кўрғошин (II), симоб (II) ва хром (III) ионларини аниқлаш учун сезгир, тезкор, иқтисодий жиҳатдан арзон, танловчан сорбцион-фотометрик ва спектрофотометрик усуллар ишлаб чиқилган;

бинар, мураккаб аралашмалар ва табиий сувлар таркибидаги кадмий (II), кўрғошин (II), мис (II), рух (II), симоб (II) ва хром (III) ионларини аниқлаш учун КФГ-1 ва ТФГ-1 ионитлари ёрдамида дастлабки концентрлаш орқали танловчан сорбцион-фотометрик ва спектрофотометрик усуллар ишлаб чиқилган ва мақбул шароитлар аниқланган.

**Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги** фотометрия, спектрофотометрия, потенциометрия, ИҚ спектроскопия каби замонавий физик-кимёвий усуллар билан тасдиқланган. Хулосалар математик статистика усуллари билан қайта ишланган ва тажриба натижалари асосида таҳлил қилинган.

**Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.**

Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти мис (II), рух (II), кадмий (II), кўрғошин (II), симоб (II) ва хром (III) ионларини индивидуал эритмалардан, табиий сувлар анализини таъминлайдиган сунъий, бинар ва мураккаб аралашмалардан сорбцион-фотометрик ва спектрофотометрик аниқлаш усули таклиф қилингани билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти ишлаб чиқилган сорбцион-фотометрик ва спектрофотометрик усулларнинг атроф-муҳит объектларидан мис (II), рух (II), кадмий (II), кўрғошин (II), симоб (II) ва хром (III) ионларини рухсат этилган миқдоргача ва ундан анча паст бўлган концентрацияларни аниқлашга имкон беради.

**Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши.** мис (II), рух (II) ва симоб (II) ионларини КФГ-1 ва ТФГ-1 ионитлари ёрдамида дастлабки концентрлаб, спектрофотометрик ва сорбцион-фотометрик аниқлаш усуллари ишлаб чиқиш бўйича илмий тадқиқотлар натижаларига асосан:

мис (II), рух (II) ва симоб (II) ионларини спектрофотометрик аниқлаш PZ-20170926176 сонли “Сурхондарё вилоятида ерости шўр сувлари таркибидаги йод ва унинг бирикмаларини ажратиш олиш” мавзусидаги (2018-2020 йй) лойиҳада сувни оғир металллардан тозалашда фойдаланилган (Ўзбекистон Республикаси Олий ва ўрта махсус таълим вазирлигининг 2020 йил 27



январдаги 89-03-333-сонли маълумотномаси). Натижада ер ости шўр сувларини оғир металллар ионларидан тозалаш имконини берган;

оғир захарли металллар ионларини сорбцион-фотометрик ва спектрофотометрик аниқлаш усуллари «Олмалиқ кон-металлургия комбинати» АЖ да амалиётга жорий этилган. («Олмалиқ кон-металлургия комбинати» АЖ нинг 2020 йил 11 мартдаги АА-02019-сон маълумотномаси). Натижада, ишлаб чиқилган сорбцион-фотометрик ва спектрофотометрик усулларни қўллаб, мис (II), кўрғошин (II) ва симоб (II) ионларини оқова сувлардаги рухсат этилган концентрациясининг ўндан бир улуши даражасида аниқлаш имконини берган;

ишлаб чиқилган сорбцион-фотометрик ва спектрофотометрик аниқлаш усуллари «Petromaruz Overseas LLP» Буюк Британиянинг Ўзбекистондаги доимий ваколатли корхонасида амалиётга жорий этилган («Petromaruz Overseas LLP» Буюк Британиянинг Ўзбекистондаги доимий ваколатли корхонасининг 2020 йил 13 мартдаги UZB 01-01/125/1-сон маълумотномаси). Натижада, ишлаб чиқилган сорбцион-фотометрик ва спектрофотометрик усуллар ёрдамида табиий сувлар таркибидаги оғир захарли металллар ионларининг микромикдорларини аниқлашда анализнинг осон бажарилиши ва сезгирлигини ошириш имконини берган.

**Тадқиқот натижаларининг апробацияси.** Тадқиқот натижалари 8 та илмий-амалий конференцияларда маъруза қилинган ва муҳокамадан ўтказилган, шулардан, 4 та халқаро ва 4 та Республика илмий-амалий конференцияларидир.

**Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги.** Диссертация мавзуси бўйича жами 16 та илмий иш чоп этилган, Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг фалсафа доктори (PhD) диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган нашрларида 3 та, жумладан 2 та мақола Республикада ва 1 та илмий мақола халқаро журналларда нашр этилган.

**Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми.** Диссертация таркиби кириш, учта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловадан иборат. Диссертациянинг ҳажми 116 бетни ташкил қилади.

## **ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ**

**Кириш** қисмида диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурияти асосланган, тадқиқот мақсади ва вазифалари ҳамда объект ва предметлари тавсифланган, Ўзбекистон Республикаси фан ва технологияси тараққиётининг устувор йўналишларига мослиги кўрсатилган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари баён қилинган, олинган натижаларнинг назарий ва амалий аҳамияти очиқ берилган, тадқиқот натижаларини жорий қилиш рўйхати, нашр этилган ишлар ва диссертация тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг биринчи боби “**Табиий сувлар таркибидаги оғир захарли металлларни аниқлаш усуллари**нинг замонавий ҳолати” деб

номланган бўлиб, атроф-муҳит объектларида ОЗМ нинг тарқалиши, учраш шакли ва миграцияси, сувли экотизимларда оғир металлларнинг тарқалиши ва ўзгариш жараёнлари, табиий сувлар таркибидаги ОЗМ ионларини сорбция усули ёрдамида концентрлаш ва ажратиш, сувдаги оғир металлларни аниқлашнинг фотометрик ва спектрофотометрик усуллари ҳақидаги адабиётлар шарҳи берилган.

Кимёвий таҳлилда ажратиш ва концентрлаш босқичлари ишончли топиш, идентификациялаш, миқдорий аниқлаш учун тўғридан-тўғри усуллар етарли бўлмаган ҳолларда зарурдир. Маълум усулларнинг хусусиятлари доимий равишда такомиллаштирилиб борилади, аммо ажратиш ва концентрлашнинг аҳамияти тобора ортиб бормоқда.

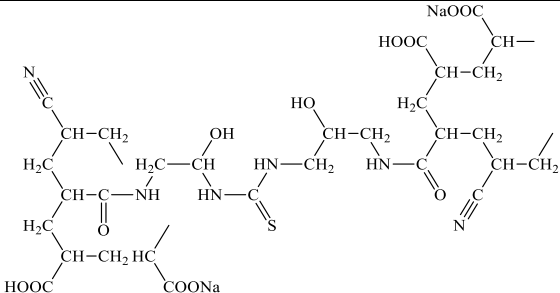
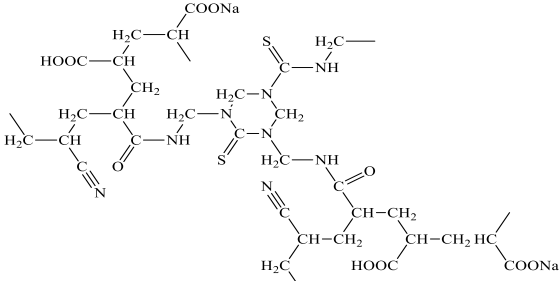
Диссертациянинг иккинчи боби **“Табиий сувлардаги оғир металл ионларини спектрофотометрик ва сорбцион-фотометрик аниқлаш”** деб номланган бўлиб, тадқиқотларни бажариш учун керак бўлган жиҳозлар, тадқиқот усуллари, стандарт ва ишчи эритмаларни тайёрлаш усуллари, сақлаш муддати, идишларни тозалаш, намуналар танлаш ва уларни тайёрлаш усуллари келтирилган. Тадқиқотларни муваффақиятли ўтказиш учун аналитик, экологик ва оптик таҳлил усулларининг барча талабларига жавоб берадиган замонавий асбоб-ускуналар ва жиҳозлар ишлатилган.

Тадқиқотларда олинган маълумотларни жаҳон илмий адабиётларида маълум бўлган математик қайта ишлашнинг асосий усуллари, шунингдек, ОЗМ нинг миқдорини аниқлашнинг қуйи чегаралари – сезгирлик, ишлаб чиқилган усулларнинг сифатини баҳоловчи мезон ҳисобланади.

ОЗМ ни концентрлаш жараёнида ишлатилган ионитларнинг формуллари 1-жадвалда келтирилган.

### 1 жадвал

#### Ионитларнинг маркаси ва формуласи

| Ионит маркалари | Тузилиш формуласи  | Муаллифлар  |
|-----------------|--|---|
| КФГ-1           |  | ЎЗР патенти, IAP 05534,<br>Комплекс ҳосил қилувчи ионит олиш усули, Тураев Х.Х., Джалилов А.Т., Эшқурбонов Ф.Б., 09.01.2018 |
| ТФГ-1           |  | ЎЗР патенти, IAP 05533,<br>Комплекс ҳосил қилувчи ионит олиш усули Тураев Х.Х., Джалилов А.Т., Эшқурбонов Ф.Б., 09.01.2018  |

КФГ-1 ва ТФГ-1 ионитларининг сорбцион қобилиятини (R,%; Q, мг/г; K; D) аниқлаш учун оғир металл ионларини эритмалардан сорбциялагандан сўнг қолдиқ эритмалардаги миқдорини аниқлаш спектрофотометрик усулда амалга оширилган. Сорбциядан сўнг ОЗМ нинг қолдиқ концентрациялари, шунингдек десорбциядан кейин уларнинг концентрациялари 4-(2-Пиридил-азо)-резорцин (ПАР) реактиви билан стандарт эритмалар учун аниқланди.

Учинчи боб “Сурхондарё дарёсининг сувлари таркибидаги оғир заҳарли металл ионларини аниқлашнинг спектрофотометрик ва сорбцион-фотометрик усуллари ишлаб чиқиш ва аналитик баҳолаш” деб номланган бўлиб, бу бобда табиий сувлар таркибидаги ОЗМ ни аниқлашнинг спектрофотометрик ва сорбцион-фотометрик усуллари ишлаб чиқиш, ишлаб чиқилган усулларнинг метрологик тавсифлари ҳамда уларни реал объектларда қўллаш имкониятларини ўрганиш натижалари келтирилган.

Тадқиқотлар металл ионларининг индивидуал эритмаларидан статик шароитларда олиб борилди. Дастлабки ва мувозанат эритмалар таркибидаги металл ионларининг миқдори спектрофотометрик усул ёрдамида аниқланди. Ютилган металл ионларининг миқдори ( $m_M$ ) бошланғич ва мувозанат концентрациялари ўртасидаги фарқдан ҳисоблаб чиқилган. Ионитларнинг эритмалар билан контакт вақти 2 соатни ташкил қилди, эритманинг рН қиймати потенциометрик усул билан аниқланди. Олинган тадқиқот натижалари Dowex ва Chelex каби ионитларнинг саноат намуналари билан билан таққосланди. Тадқиқот натижалари 2-жадвалда келтирилган.

## 2-жадвал

### Ионитларнинг модел эритмалари таркибидаги ОЗМ ионлари учун оптимал эритма рН ларида сорбцион сиғими, $COE$ , мг-экв/г, $C=0,1$ н., $t=20$ °С

| Ионитлар | Ионоген гуруҳлар | Кўрсаткичлар | ОЗМ ионлари |           |           |           |           |           |
|----------|------------------|--------------|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|          |                  |              | $Cu^{2+}$   | $Hg^{2+}$ | $Pb^{2+}$ | $Zn^{2+}$ | $Cd^{2+}$ | $Cr^{3+}$ |
| КФГ-1    | =NH,<br>-COOH    | САС          | 3,7         | 3,2       | 2,8       | 2,2       | 3,4       | 2,4       |
|          |                  | рН           | 4,5         | 4,12      | 4,12      | 4,28      | 5,11      | 4,78      |
| ТФГ-1    | =NH,<br>-COOH    | САС          | 3,9         | 3,5       | 2,6       | 2,5       | 3,5       | 2,5       |
|          |                  | рН           | 4,7         | 4,14      | 4,61      | 4,35      | 4,56      | 4,35      |
| Dowex    | =NH,<br>-COOH    | САС          | 3,7         | 3,3       | 2,5       | 2,6       | 3,3       | 2,7       |
|          |                  | рН           | 4,6         | 4,50      | 4,16      | 4,31      | 4,50      | 4,28      |
| Chelex   | =NH,<br>-COOH    | САС          | 3,8         | 2,7       | 2,9       | 2,7       | 3,6       | 2,4       |
|          |                  | рН           | 4,5         | 4,11      | 4,27      | 4,65      | 4,08      | 4,36      |

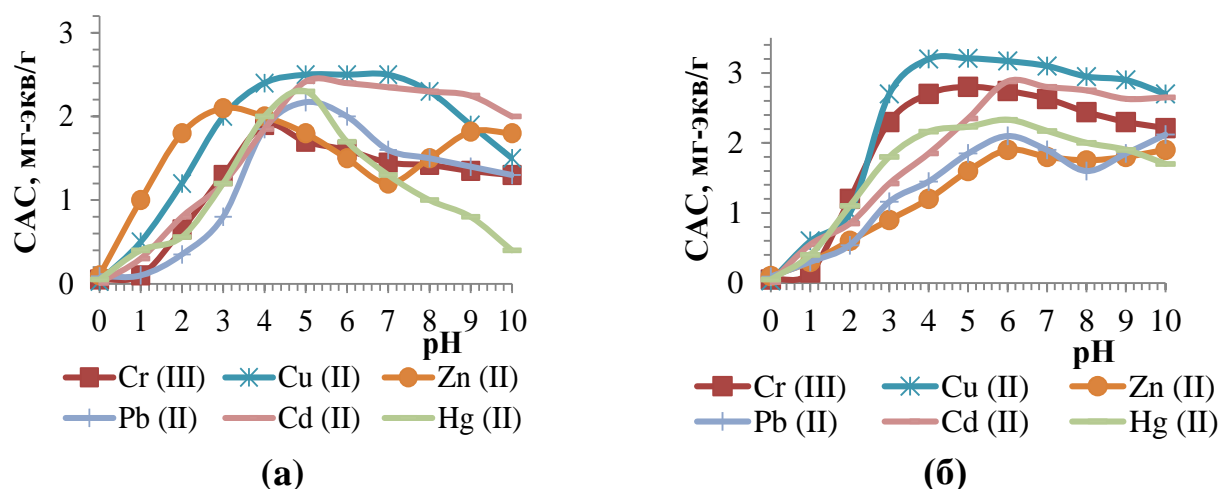
Амалиётда, мис ионларини динамик шароитда сорбция қилиш истиқболли ҳисобланади. Шу мақсадда, тадқиқ этилаётган эритмаларнинг оқим тезлиги, концентрацияси, ҳарорат ва бошланғич эритманинг рН даражасига қараб, КФГ-1 ва ТФГ-1 ионитларида тажриба ўтказилди. Шуни таъкидлаш керакки, ионитларнинг  $H^+$  шаклини танлаш статик шароитда, сорбцияни ўрганаётганда туз шаклига қараганда кўпроқ самарали бўлади.

Мис сульфатнинг эритмаси оқим тезлигининг мис ионларининг сорбция тезлигига таъсирини ўрганиш натижалари 3-жадвалда келтирилган.

**Мис ионлари сорбциясининг эритмалар оқим тезлигига боғлиқлиги**  
 ( $C_{\text{дас}} \text{CuSO}_4=0,1 \text{ н; } t=20\pm 2^\circ\text{C;}$  колонкалар диаметри  $d_k=14 \text{ мм}$ )

| Ионитлар | Эритма оқимининг тезлиги $W$ , мл/сек | Мис ионлари учун тўлиқ динамик алмашиниш сифими $m_{\text{дин}}$ , мг-экв/л | Ионитнинг тўлиқ тўйиниш вақти $\tau_{\text{тўй}}$ , сек |
|----------|---------------------------------------|---|---|
| КФГ-1    | 1,70                                  | 1,03  | 485   |
|          | 0,72                                  | 1,42  | 2400  |
|          | 0,34                                  | 1,86  | 4000  |
|          | 0,31                                  | 1,92  | 6850  |
|          | 0,22                                  | 2,35  | 9760  |
| ТФГ-1    | 1,80                                  | 1,01  | 515   |
|          | 0,78                                  | 0,88  | 1012  |
|          | 0,41                                  | 1,18  | 2025  |
|          | 0,27                                  | 1,39  | 4400  |
|          | 0,15                                  | 1,50  | 6700  |

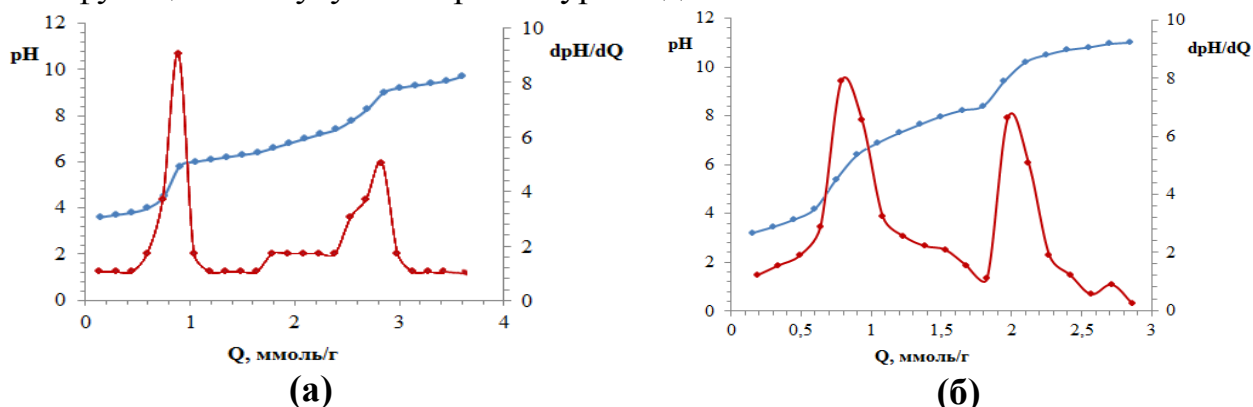
3-жадвалдаги маълумотлар КФГ-1 ва ТФГ-1 учун эритма оқим тезлигининг ошиши мис ионларининг сорбциясини деярли 2 барабар камайганлигини, сорбция жараёнининг давомийлиги эса 15 мартадан кўпроқ қисқарганлигини кўрсатади. Сорбция қиймати ва жараён давомийлиги асосида эритманинг оптимал оқими тезлиги  $W=0,36\div 0,4$  мл/сек га тенг бўлади.



**1-расм. КФГ-1 (а) ва ТФГ-1 (б) ионитлари сорцион қобилиятларининг муҳит рН ига боғлиқлиги.**

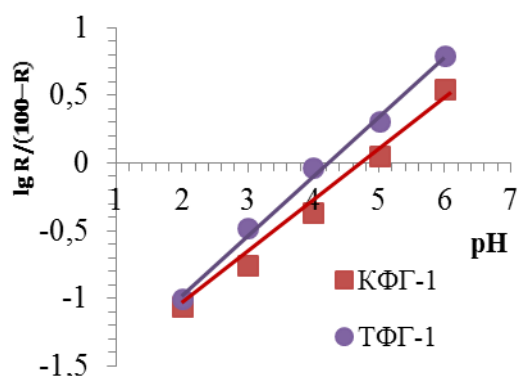
Полимер кислоталар ва асосларни титрлаш одатда эритманинг ион кучининг юқори қийматларида амалга оширилади ( $p = 0,5-2$ ). Акс ҳолда, ионитнинг фаол гуруҳларининг таъсири туфайли титрлаш чизиғида сакраш аниқ кўринмайди ёки умуман бўлмаслиги мумкин. Потенциометрик титрлаш эгри чизиқларининг барча серияларида эритмаларнинг доимий ион кучи 1 га тенг бўлиб, улар индефферент электролит  $\text{NaCl}$  нинг эритмаси фониде тайёрланган. Олинган маълумотларга асосланиб,  $Q$  (титрант миқдори), ммол/г - рН координатасида потенциометрик титрлаш эгри чизиғи чизилди. Интеграл титрлаш эгри чизиғидаги эквивалент нуқталарини аниқлаш учун  $Q - dpH/dQ$

координаталарида дифференциал эгри чизик чизилди (2-расм). Титрлаш эгри чизиклари босқичма-босқич тузилишга эга, бу биз ўрганган ионитларнинг полифункционал хусусиятларини кўрсатади.



**2-расм. КФГ-1 (а) ва ТФГ-1 (б) ионитларини NaOH эритмаси билан интеграл ва дифференциал потенциометрик титрлаш эгри чизиғи.**

Эритма рН ининг эритмага қўшилган ишқор миқдорига боғлиқлигини акс эттирувчи титрлаш эгри чизиғи, сорбентнинг максимал сифимини аниқлашга ва фаол гуруҳларнинг рК қийматлари тўғрисида фақат сифатли хулосалар чиқаришимизга имкон беради. Кислота гуруҳларининг ионланиш доимийликлари ( $pK_{\text{ион}}$ ) потенциометрик титрлаш маълумотлари асосида Гендерсон-Гассельбах тенгламасидан фойдаланиб ҳисобланди.



**3-расм. Мис(II)нинг сорбцияси натижасида алмашинган протонлар сонини аниқлаш графиги.**

**4-жадвал  
Мис (II) сорбцияси вақтида ажралган протонлар сонини (n) аниқлаш)**

| КФГ-1         |    |                       | ТФГ-1         |    |                       |
|---------------|----|-----------------------|---------------|----|-----------------------|
| pH            | R  | $\lg \frac{R}{100-R}$ | pH            | R  | $\lg \frac{R}{100-R}$ |
| 2             | 3  | -1,509                | 2             | 8  | -1,061                |
| 3             | 12 | -0,388                | 3             | 15 | -0,753                |
| 4             | 38 | 0,034                 | 4             | 30 | -0,368                |
| 5             | 56 | 0,825                 | 5             | 53 | 0,052                 |
| 6             | 79 | 1,005                 | 6             | 78 | 0,550                 |
| tgα=1,19; n=1 |    |                       | tgα=0,92; n=1 |    |                       |

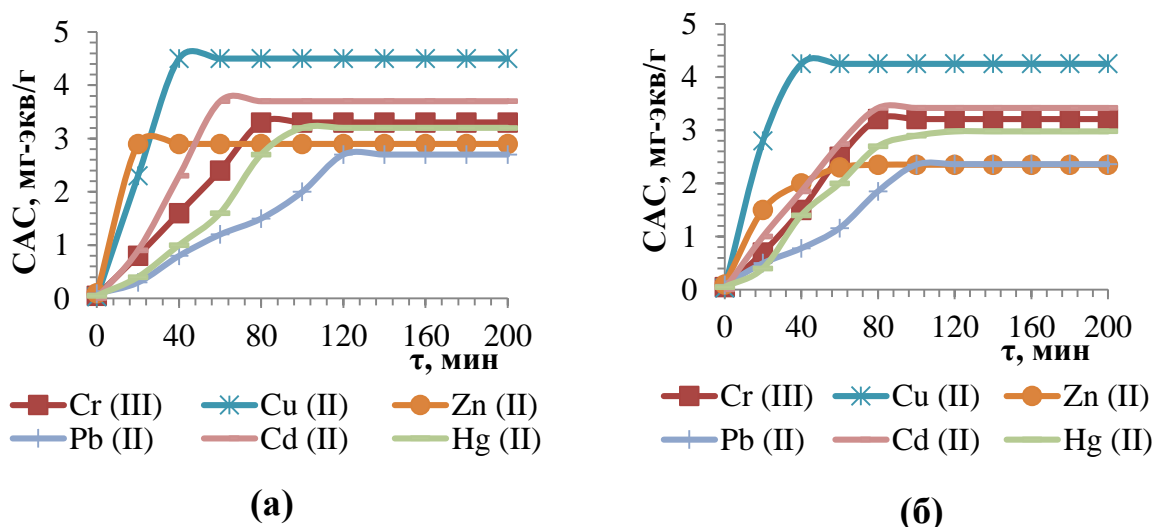
**5-жадвал**

**Ионитларнинг кислота асосли гуруҳларининг ионланиш доимийликлари рК**

| Ионит | $pK_n$ | $pK_d$ | Титрланадиган гуруҳлар     |
|-------|--------|--------|----------------------------|
| КФГ-1 | $pK_1$ | 4,15   | Карбоксил гуруҳ протонлари |
|       | $pK_2$ | 9,38   | Аминогуруҳ                 |
| ТФГ-1 | $pK_1$ | 4,47   | Карбоксил гуруҳ протонлари |
|       | $pK_2$ | 9,24   | Аминогуруҳ                 |

Олдиндан танланган оптимал кислоталикни ҳисобга олган ҳолда, таркибида 50 мкг элемент ва 50 мг ионит бўлган 25 мл ҳажмдаги

эритмалардан сорбция жараёнига вақт ва ҳароратнинг таъсири ўрганилди. Биринчи серияли эритмалар хона ҳароратида 10, 20, 30, 45, 60, 90, 120 дақиқа давомида аралаштирилди, бошқа серияларнинг эритмалари 30-80°C ҳарорат оралиғида қиздирилиб, берилган ҳароратда 5, 10, 15, 30, 45 ва 60 дақиқа аралаштирилди. Олинган маълумотларга асосланиб, ионитнинг элементлар бўйича сорбция даражасининг эритма билан контакти давомийлигига ва ҳароратга боғлиқлик графиги чизилди. Олинган боғлиқликдан сорбциянинг оптимал вақти ва ҳарорати аниқланди.



**4-расм. Ионитларнинг металл ионлари бўйича статик алмашинув сиғимининг вақтга боғлиқлиги ( $C_M=0,1$  н,  $m_{\text{сорб}}=0,1$  г,  $pH=6$ ,  $V=10$  мл).**

Олинган маълумотларга кўра, хона ҳароратида 40-80 минутда оптимал pH да турли хил “элемент-ионит” системаларида юқори сорбция даражасига эришилди.

**Аниқлаш усули.** Бажарилиши кўзда тутилган вазифага кўра (РЭМ ёки унинг улушларини аниқлаш), таҳлил қилинган сувнинг бошланғич ҳажми мос равишда 50 дан 250 мл гача ўзгариб туради.

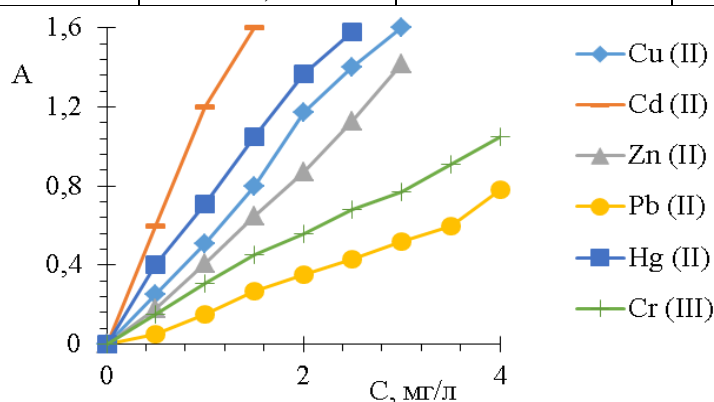
Оғирлиги 0,030 г бўлган сорбентлар конуссимон колбаларга (50 - 250 мл) жойлаштирилди, таркибида аниқланадиган металл ионлари бўлган сувли эритмалар (калибрлаш эритмалари ёки таҳлил қилинган сув) қўшилди ва сорбция статик шароитда 2 соат давомида амалга оширилди, шунингдек, эритманинг  $pH=5-6$  қиймати универсал индикатор қоғоз билан буфер эритма қўшилмасдан назорат қилинди. Кейин сорбентлар аниқланадиган металл ионининг эритмасидан ажратилди, дистилланган сув билан ювилди ва қолдиқ сувни олиб ташлаш учун фильтр қоғозига жойлаштирилди. Сорбциядан кейин сорбентлар стаканларга жойлаштирилди ва десорбция учун элюент эритмаси куйилди (концентрацияси 0,01, 0,1 ёки 1 М,  $V = 5$  мл). Десорбциядан сўнг (десорбция  $\tau = 1$  с.), металл ионлари бўлган кислотали эритмалар 25 мл ҳажмли ўлчов колабаларга ўтказилди, сўнгра 0,1 М NaOH эритмасидан нейтрал pH га келгунча томчилатиб қўшилди ва pH универсал индикатор қоғоз ёрдамида назорат қилинди. Сувли эритмаларга ПАР ( $c = 8 \cdot 10^{-5}$ М), ацетат-аммиакли буфер эритмаси ( $pH = 10$ ) қўшилди ва дистилланган сув билан белгисигача суюлтирилди. Сўнгра, оптик зичликни спектрофотометрик

ўлчаш  $\lambda_{\max} = 520$  нм да амалга оширилди. Металл ионларининг миқдори десорбция ўтказиладиган эритма ҳажмини ҳисобга олган ҳолда калибрлаш графигига мувофиқ (5-расм, 6, 7-жадвал) топилди.

**6-жадвал**

**Даражаланган график тузиш учун қўرғошин тузи концентрацияси, ПАР, буфер эритмалар ва алликвотлар ҳажми**

| № п/п | $c(\text{Pb}^{2+}), \text{M}$ | $V(\text{Pb}^{2+}), \text{мл}$ | $c, \text{M}; V(\text{ПАР}), \text{мл}$ | $V(\text{буфер}), \text{мл}$<br>$\text{pH} = 10$ |
|-------|-------------------------------|--------------------------------|---|--|
| 1     | $8 \cdot 10^{-6}$             | 0,08                           | 8·10 <sup>-5</sup> ;<br>0,3             | 4,62   |
| 2     | $1 \cdot 10^{-5}$             | 0,1                            |   | 4,6  |
| 3     | $2 \cdot 10^{-5}$             | 0,2                            |   | 4,5  |
| 4     | $3 \cdot 10^{-5}$             | 0,3                            |   | 4,4  |
| 5     | $4 \cdot 10^{-5}$             | 0,4                            |   | 4,3  |
| 6     | $5 \cdot 10^{-5}$             | 0,5                            |   | 4,2  |



**5-расм. Металл ионларини спектрофотометрик аниқлаш учун даражали график.**

**7-жадвал**

**ПАР реагенти ёрдамида спектрофотометрик усулда аниқланган ОЗМ ионлари учун даражали график катталиклари**

| $C, \text{мг/л}$     | $A, \text{Cu (II)}$ | $A, \text{Cd (II)}$ | $A, \text{Zn (II)}$ | $A, \text{Pb (II)}$ | $A, \text{Hg (II)}$ | $A, \text{Cr (III)}$ |
|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|
| 0,5                  | 0,2                 | 0,6                 | 0,18                | 0,05                | 0,4                 | 0,15                 |
| 1,0                  | 0,4                 | 1,2                 | 0,26                | 0,15                | 0,6                 | 0,34                 |
| 1,5                  | 0,8                 | 1,6                 | 0,45                | 0,27                | 0,98                | 0,45                 |
| 2,0                  | 1,2                 | -                   | 0,65                | 0,35                | 1,17                | 0,56                 |
| 2,5                  | 1,4                 | -                   | 1,13                | 0,43                | 1,42                | 0,62                 |
| 3,0                  | -                   | -                   | 1,47                | 0,52                | -                   | 0,77                 |
| 3,5                  | -                   | -                   | -                   | 0,6                 | -                   | 0,91                 |
| 4,0                  | -                   | -                   | -                   | 0,78                | -                   | 1,05                 |
| pH                   | 2-12                | 9,8-10,4            | 6-10                | 10                  | 10-11               | 5-7                  |
| $\lambda, \text{нм}$ | 500                 | 495                 | 495                 | 520                 | 500                 | 540                  |
| E                    | 71800               | 84000               | 63400               | 40000               | 68700               | 47000                |
| У                    | $0,559x-0,024$      | $x+0,133$           | $0,49x-0,081$       | $0,195x-0,045$      | $0,604x+0,116$      | $0,247x+0,0519$      |

6-расмдаги схемада оғир металллар ионларини ионитлар ёрдамида олдиндан концентрлаш, сўнгра РЭК қисми даражасида селектив спектрофотометрик аниқланишнинг тавсия этилган усули келтирилган.



**6-расм. Дастлабки концентрлаш ёрдамида оғир металларни аниқлаш схемаси.**

Ишлаб чиқилган спектрофотометрик усулнинг тўғрилигини назорат қилиш "киритилди-топилди" усули билан амалга оширилди.

Ўрганилган дарёлар қор-музлардан тўйинади ва атмосфера ёғинлари суяқ фракциянинг кимёвий таркибини шакллантиришда асосий рол ўйнаши керак. Сурхондарё дарёларининг оқим тизими Боботоғнинг тоғли ҳудудларида 45 минг км<sup>2</sup> атрофида ҳосил бўлади, бу ерда ёғингарчилик кўпайиб, қор ва музнинг кўп йиллик заҳиралари мавжуд. Сурхондарёнинг турли дарёларида олинган намуналарнинг элементар таркиби тўғрисидаги маълумотлардан кўриш мумкинки, ОЗМ - Cu, Cr, Zn, Hg, Pb - дарё сувлари таркибида асосан эриган ҳолатда бўлиб, бир хил даражада эриган ҳолатдаги Zn, Cr, Cu, Hg ва Pb элементларнинг дарё сувларидаги миқдори ёмғир сувларидагига нисбатан бир оз кўпроқ.

Кўришиб турибдики, ёғингарчилик ушбу элементлар учун дарё оқими шаклланишида асосий рол ўйнайди, шунинг учун ёғингарчилик қурғоқчил зонанинг юза сувларида оғир металларнинг эриган қисмининг шаклланишининг асосий манбаи ҳисобланади.

4-жадвалда ўрганилаётган сувлардаги баъзи бир кимёвий элементларнинг кучли корреляцияланган жуфтликлари учун регрессия тенгламаларининг параметрлари ( $y = ax + b$  типидagi) келтирилган. Ушбу тенгламалардан фойдаланиб дарё сувларидаги баъзи захарли элементларнинг миқдорини тахминий ҳисоблаш ва башорат қилиш мумкин. Кўпгина ҳолларда тенгламалардан бошқа кимпонентлар таркибидан ўрганилаётган элементларнинг миқдорини аниқлик билан ҳисоблашда қўлланилади. Кўриб чиқиладиган минтақа сувларидаги миснинг кимёвий ҳолатини математик моделлаштириш шуни кўрсатдики, мусбат зарядли гидратланган  $Cu^{2+}$  иони доминант элементдир (8-жадвал).

**8-жадвал**

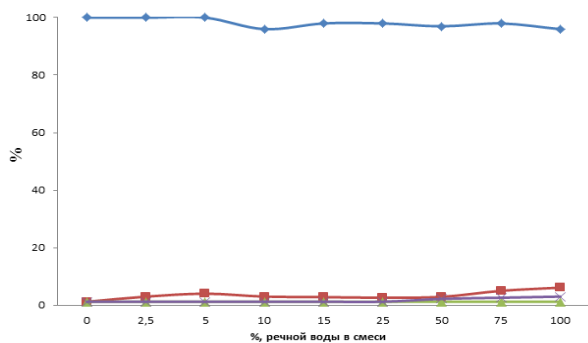
**Сурхондарё дарёси сувлари таркибидаги баъзи элементлар учун регрессияни ҳисоблаш параметрлари (Тупаланг дарёси, 2018)**

| Элементлар | Y= A+Bx |       | r, x, y |
|------------|---------|-------|---------|
|            | A       | B     |         |
| Cr-Cu      | 0,15    | 0,054 | 0,55    |
| Cr-Zn      | 3,6     | 1,81  | 0,56    |
| Hg-Cu      | 0,016   | 0,129 | 0,64    |
| Hg-Cr      | 0,034   | 1,40  | 0,68    |
| Cd-Cu      | -0,032  | 0,153 | 0,66    |
| Cd-Cr      | 0,61    | 1,21  | 0,51    |



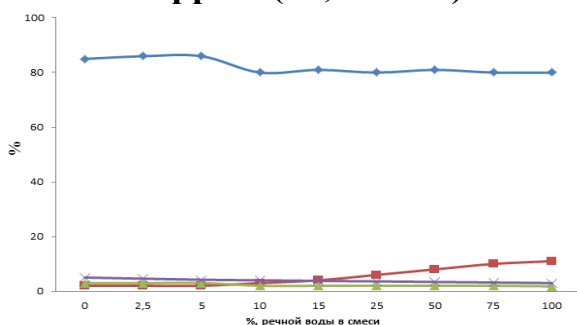
## Ўрганилаётган сувлардаги миснинг кимёвий шаклларининг нисбати, %

| Элемент                           | Қаратоғ дарёси | Сангардак дарёси | Хўжайпок дарёси |
|-----------------------------------|----------------|------------------|-----------------|
| $\text{Cu}^{2+}$                  | 54             | 60               | 50              |
| $\text{CuSO}_4^0$                 | 32             | 20               | 18              |
| $[\text{Cu}(\text{SO}_4)_2]^{2-}$ | 14             | 20               | 32              |



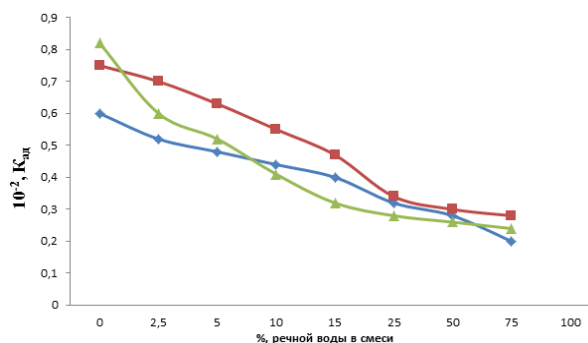
7-расм. Эстуария моделларидаги миснинг шакллари (Сангардак дарёси):

(—◆—)- катион, (—■—)- нейтрал ва коллоид, (—▲—)- анион, (—×—)- муаллақ заррача(>0,17 мкм).



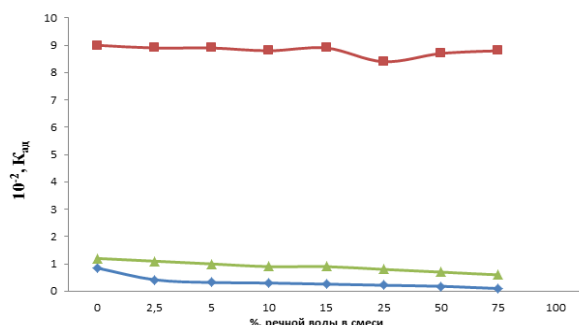
9-расм. Эстуария моделларидаги миснинг шакллари (Сангардак дарёси):

(—◆—)- катион, (—■—)- нейтрал ва коллоид, (—▲—)- анион, (—×—)- муаллақ заррача(>0,17 мкм).



8-расм. Модели эритмалардан мис сорбцияси (Сангардак дарёси):

(—◆—)-Дауекс, (—■—)-ТФГ-1, (—▲—)-КФГ-1.



10-расм. Модели эритмалардан мис сорбцияси (Сурхондарё дарёси):(—◆—) -Дауекс, (—■—)-ТФГ-1, (—▲—)-КФГ-1.

Мусбат зарядланган шакллар билан бир қаторда,  $\text{CuSO}_4$  шаклидаги зарядланмаган сульфат комплекслари турлари ҳам мавжуд. Дарё сувларида, эстуария ва сув ҳавзаларида  $[\text{Cu}(\text{SO}_4)_2]^{2-}$  сульфат комплексларининг манфий зарядланган шакларининг мавжудлиги мустасно эмас (9-жадвал).

9-жадвалидан кўринадик, табиий сувлар таркибида филтрлаш ва чўктириш усуллари билан ажратиб олинishi мумкин бўлган мисдан иборат муаллақ ҳолдаги сорбцион шакллар ҳам мавжуд. Сорбцион табиатга эга элементнинг муаллақ шаклларининг ҳосил бўлиш эҳтимоллиги сув турига боғлиқ. Масалан, Қаратоғ дарёси сувларида муаллақ микроэлемент шаклларининг ҳосил бўлиш эҳтимоли минимал, Тўпаланг дарёсида эса максималдир. Қаратоғ, Сангардак ва Хужайпок дарёлари сувларидан олинган намуналарда муаллақ ҳолдаги мис микроэлементининг миқдори турлича

бўлиб, фойдаланилган фаол-сорбцион суспензиялар таркиби билан табиатан бир-бирига яқин.

Шунга кўра, Сангардак дарёси ва унинг эстуарияси, Қоратоғ дарёсидаги сувлардан мисни сорбция қилиш учун махсус сорбент сифатида ТФГ-1 дан фойдаланилди. Бундан ташқари, эстуарияда барқарорлик учун муаллақ заррачалар ҳосил бўлишида сувнинг тури аҳамиятли ҳисобланади (5-расм).

Миснинг зарядланган шакллари тарқалиши (6-жадвал) математик моделлаштириш натижаларига тўғри келади: миснинг асосий миқдори (> 96%) мусбат зарядланган шакллар кўринишида бўлади ва элементнинг манфий зарядланган шакллари улуши 3% дан ошмайди. Бу нисбат эстуарияда унчалик катта эмас. Эстуариядаги асосий ўзгаришлар миснинг нейтрал ва коллоид шаклларига хос бўлиб, шўрланиш даражаси 25% дан ошганда уларнинг дарё сувларидаги улуши кўпаяди.

Экспериментал моделлаштириш, қурғоқчил зонанинг табиий юза сувларида миснинг физик-кимёвий ҳолатини тўлиқ ўрганишга имкон беради, лекин элемент жуда кучли боғланганлиги сабабли миснинг консерватив шакллари (яъни, генетик жиҳатдан аниқланган шакллар) ҳисобга олинмайди, чунки у деярли реакцияга киришмайди (бу кинетик жиҳатдан ҳам мураккабдир).

#### 10-жадвал.

##### Ўрганилаётган сувлардаги мис миқдори, %

| Намуна олиш жойи               | Филтрлаш<br>> 0,17 мкм | Центри-<br>фугалаш | Электродиализ |                        |       |
|--------------------------------|------------------------|--------------------|---------------|------------------------|-------|
|                                |                        |                    | Катион        | Нейтрал ва<br>коллоид. | Анион |
| Хўжаипок дарёси                | 2                      | 3,5                | 89            | 6                      | 2     |
| Сангардак дарёси<br>(Денов ш.) | 1                      | 1,9                | 96            | 2                      | 1,5   |
| Каратау дарёси<br>(Узун т.)    | 3                      | 4                  | 89            | 5                      | 3     |

Бундай шаклларга мисоллар сифатида микроэлементнинг кристалл панжара ичида у ёки бу тарзда тарқалиши натижасида миснинг органик моддаларда эриган турғунлашмаган таркибли барқарор комплекслари, махсус турғун коллоид ёки муаллақ ҳолдаги кўриниши ва ҳоказо келтириш мумкин. Шу сабабли, Сангардак, Қоратоғ ва Хўжаипок дарёлари сувлари намуналари таркибидаги мис шакллари тўғридан-тўғри аниқлаш (9, 10-жадвал) модели тажрибалардаги нисбатан микроэлементнинг турли шаклларда тарқалиши бўйича аниқ маълумотларни беради (11-жадвал).

#### 11-жадвал.

##### Ўрганилаётган сувлар таркибидаги миснинг шакллари топиш

| Намуна олиш жойи               | Муаллақ заррача |            | Электродиализ |                       |       |
|--------------------------------|-----------------|------------|---------------|-----------------------|-------|
|                                | > 0,85 мкм      | > 0,12 мкм | Катион        | Нейтрал ва<br>коллоид | Анион |
| Хўжаипок дарёси                | 8               | 5          | 60            | 16                    | 11    |
| Сангардак дарёси (Денау<br>ш.) | 6               | 2          | 59            | 24                    | 9     |
| Қоратоғ дарёси (Узун т.)       | 19              | 14         | 38            | 28                    | < 1   |

Кутилганидек, суспензиядаги мис миқдори кўпайган. Сув таркибида ўрганилаётган элементнинг суспензион тақсимланиши модел тажрибаларида бўлгани каби бир хил, ammo суспензиядаги унинг таркиби сезиларли даражада (2-6 марта) ошган.

Миснинг фракцион тақсимланиши консерватив шаклларда генетик жиҳатдан боғланган микроэлемент ҳақидаги гипотезага тўла мос келади: мис асосан кучсиз ишқорий хусусиятга эга бўлган дағал дисперс заррачадир. Экспериментал моделлаштириш асосида таққослаш шуни кўрсатадики, микроэлемент миқдори нейтрал ва коллоид шаклида бўлади. Афсуски, биз ушбу шаклларнинг табиатини аниқлай олмадик. Моделлаштириш кинетик жиҳатдан мураккаб бўлганлиги учун, ишлаш хусусиятига кўра, миснинг нейтрал шаклларини табиий комплекс ҳосил қилувчилар асосида ҳосил бўлган деб қабул мумкин. Миснинг коллоид шаклига мисол сифатида ушбу ҳолатда мис коллоид бирикма таркибига унинг ҳосил бўлиш босқичида бегона модда сифатида кирганлиги учун моделлаштириш имкони мавжуд бўлмаганлиги сабабли коллоид микроэлементни сорбцион-инерт шакл деб тахмин қилишимиз мумкин. Ушбу ишга асосан, мис заррачалари миқдорининг нисбатан ортишини Сурхондарё дарёларининг ифлосланиши билан изоҳлаш мумкин, чунки улар заррачалар учун транспорт функциясини бажаради.

Миснинг муаллақ ва коллоид шаклларининг миқдорининг ортиши, ўз навбатида зарядланган шаклларининг камайишига олиб келади.

Шуни алоҳида таъкидлаш керакки, фотометрик таҳлил ва спектрофотометрик усул бўйича олинган натижаларга асосан, мис эриган ҳолатда ўзига хос бўлган катион шакли намоён қилади, бу эса зарядланган шаклларнинг камайишига олиб келади.

Фотометрик таҳлил усули ва тажрибани моделлаш усулларининг натижаларини таққослаш натижасида миснинг учраш шаклларини аниқлаш мумкин бўлади. Фотометрик таҳлил натижаларига кўра, ўрганилаётган сувлардаги миснинг маълум миқдори майда тарқалган коллоиднинг суспензияси сифатида, шунингдек барқарор анион комплекси кўринишида кўчиб юрганлиги учун алмашилиш кинетикаси секинроқ бўлади ва фотометрик усулнинг самарадорлигини камайтиради. Шунинг учун, миснинг сувдаги ҳолатини аниқлаш учун аввал сувни дағал суспензия ва коллоидлардан тўлиқ тозалаш талаб этилади.

### Хулоса

1. Мис (II), рух (II), кадмий (II), кўрғошин (II), симоб (II) ва хром (III) ионларини сувли эрималардан КФГ-1 ва ТФГ-1 ионитлари ёрдамида сорбцион концентрлашнинг мақбул шароитлари аниқланди ҳамда оғир металл ионларини рухсат этилган миқдорининг ўндан бир даражасида концентрлаш усули тавсия этилди.

2. Кадмий (II), кўрғошин (II), мис (II), рух (II), симоб (II) ва хром (III) ионларининг КФГ-1 ва ТФГ-1 ионитлари ёрдамида рН 1-12 оралиғидаги сорбция хусусиятларининг қиёсий тавсифи келтирилди. Интеграл ва дифференциал потенциометрик титрлаш натижалари асосида ОЗМ ионларини

концентрлашда фойдаланилган ионитларнинг ионланиш доимийликлари ҳисобланди ҳамда ўрганилган оғир металл ионларини сувли эритмалардан 100% ажратиб олиш учун сорбентлар миқдори таклиф қилинди.

3. Кадмий (II), кўрғошин (II), мис (II), рух (II), симоб (II), хром (III) ионларини аниқлаш учун танловчан, тезкор, самарали сорбцион-фотометрик ва спектрофотометрик усуллар ишлаб чиқилди ҳамда лаборатория шароитида синовдан ўтказилди, шунингдек, ишлаб чиқилган усуллар ёрдамида Сурхондарё дарёси сувлари таркибидаги ОЗМ ионларининг миқдори - кадмий (II) 1,2-2,3 мкг/л, кўрғошин (II) 0,2-0,7 мкг/л, мис (II) 1-2 мкг/л, рух (II) 3,7-10,2 мкг/л, симоб (II) 0,15-0,82 мкг/л ва хром (III) 0,7-1,3 мкг/л ни ташкил этиши аниқланди.

4. Сурхондарё дарёсининг юқори оқимидан олинган намуналардан аниқланган баъзи ОЗМ ионлари ўртасида корреляцион боғлиқлик борлиги кўрсатилди: Сангардақ, симоб-рух,  $r=0,601$ ; Жанубий Сурхон сувомбори, симоб-хром (III),  $r=0,654$ , симоб-мис,  $r=0,695$ ; Қоратоғ, мис-рух,  $r=0,672-0,860$ , мис-хром,  $r=0,555$ .

5. Кадмий (II), кўрғошин (II), мис (II), рух (II), симоб (II) ва хром (III) ионларини аниқлаш учун ишлаб чиқилган сорбцион-фотометрик ва спектрофотометрик усуллар Сурхондарё вилояти экология ва атроф-муҳитни муҳофаза қилиш бошқармаси аналитик кимё лабораториясида жорий қилинди ва реал объектларни таҳлил қилиш учун тавсия этилди.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ PhD.03/30.12.2019.К.02.05 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ  
УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА ФИЛОСОФИИ ПРИ  
САМАРКАНДСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ УНИВЕРСИТЕТЕ**  

---

**ТЕРМЕЗСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**ТИЛЛАЕВ ХОЛМАМАТ РАХМОНОВИЧ**

**РАЗРАБОТКА СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКОГО И  
СОРБЦИОННО-ФОТОМЕТРИЧЕСКОГО МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ  
ИОНОВ НЕКОТОРЫХ ТЯЖЕЛЫХ И ТОКСИЧНЫХ МЕТАЛЛОВ В  
СУРХАНДАРЬИНСКИХ ВОДАХ**

**02.00.02–Аналитическая химия**

**АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ ДОКТОРА ФИЛОСОФИИ (PhD)  
ПО ХИМИЧЕСКИМ НАУКАМ**

**Самарканд–2020**

Тема диссертации доктора философии (PhD) по химическим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за номером В2020.2.PhD/К275.

Диссертация выполнена в Термезском государственном университете

Автореферат диссертации на трёх языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице по адресу [www.samdu.uz](http://www.samdu.uz). и информационно-образовательном портале «Ziyonet» по адресу [www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz).

Научный руководитель:

Тураев Хайит Худайназарович  
доктор химических наук, профессор

Официальные оппоненты:

Аронбаев Сергей Дмитриевич  
доктор химических наук, профессор

Яхшиева Зухра Зиятовна  
доктор химических наук, доцент

Ведущая организация:

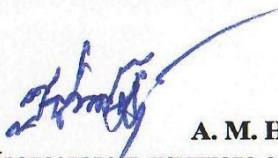
Национальный университет Узбекистана


Защита диссертации состоится « 9 » 06 2020 г. в 14<sup>00</sup> часов на заседании Научного совета PhD.03/30.12.2019.К.02.05 при Самаркандском государственном университете. (адрес: 140104, г.Самарканд, ул.Университетский бульвар 15, физико-химический корпус, 3-этаж, 305-аудитория. Тел.: (+99866)239-11-40, факс:(+99866) 239-11-40; E-mail: [devonxona@samdu.uz](mailto:devonxona@samdu.uz)).


С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Самаркандского государственного университета (зарегистрирован за № 32). Адрес 140104, г. Самарканд, ул. Университетский бульвар, Тел.:(+99866) 239-11-51.

Автореферат диссертации разослан « 2 » 06 2020 года.  
(реестр протокола рассылки № 4 от « 2 » 06 2020 года).



  
А. М. Насимов  
Председатель научного совета по  
присуждению учёных степеней,  
д.т.н., проф.

  
Ш.М. Сайиткулов  
Ученый секретарь научного совета по  
присуждению учёных степеней, к.х.н., доц.

  
Э. Абдурахманов  
Председатель научного семинара при научном  
совете по присуждению учёных степеней,  
д.х.н., проф.

## **ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии PhD)**

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** На сегодняшний день существует множество методик, применяемых в определении микроколичеств тяжелых токсичных металлов (ТТМ) в природных водах. Однако широко используемые физико-химические методы не всегда обеспечивают прямое решение этой задачи из-за влияния матричного состава пробы на результаты определений, а также низких концентраций определяемых элементов. Этим требованиям отвечают сорбционные методы, обеспечивающих избирательность и эффективность при концентрировании элементов из растворов сложного состава. Контроль содержания ТТМ в объектах окружающей среды на уровне их предельно допустимых концентраций имеет важное практическое значение.

В мире проводятся широкомасштабные научно-исследовательские работы по разработке методов предварительного концентрирования ионов ТТМ, позволяющих выделить элемент или группу элементов из объема раствора сложного химического состава, снизить предел обнаружения их, устранить или значительно уменьшить влияние макро и микрокомпонентов, что повышает правильность и чувствительность анализа. При анализе природных и сточных вод на содержание микроэлементов последние предварительно концентрируют и разделяют используя чаще всего именно сорбционные методы. Поэтому разработка эффективных сорбционно-фотометрических и спектрофотометрических методик для определения ионов ТТМ является на сегодняшний день актуальной проблемой.

В нашей стране за годы независимости в химической промышленности были достигнуты определенные результаты, в частности, проведены широкомасштабные практические мероприятия по обеспечению местного рынка импорт замещаемыми химическими реагентами. Следует отметить, что в Республике уделяется большое внимание мероприятиям по системе научно обоснованного ведения промышленных объектов и охраны окружающей среды через внедрение инновационных технологий. В Стратегии действия по дальнейшему развитию Республики Узбекистан<sup>1</sup> намечены задачи по «Совершенствованию промышленности на качественно новый уровень, дальнейшей интенсификации производства готовой продукции на базе глубокой переработки местных сырьевых ресурсов, освоению выпуска принципиально новых видов продукции и технологий». В связи с этим имеет особое значение разработка эффективных, экспрессных и экономически дешёвых методик определения ТТМ в природных водах предварительным концентрированием с использованием местных сорбционных материалов.

Данное диссертационное исследование в определенной степени направлено на выполнение задач, предусмотренных в Указе Президента Республики Узбекистан УП-4947 от 7 февраля 2017 года «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан в 2017-2021

---

<sup>1</sup>Указ Президента Республики Узбекистан за № УП-4947 от 7 февраля 2017 года «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан».



годах» и в Постановлении Президента Республики Узбекистан ПП-4265 от 3 апреля 2019 года «О мерах по дальнейшему реформированию химической промышленности и повышению ее инвестиционной привлекательности», а также в других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере.

**Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологии в республике.** Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий Республики VII. «Химия, химическая технология и нанотехнология».

**Степень изученности проблемы.** В мире широко используются методы определения ионов ТТМ оптическими, в том числе фотометрическими и спектрофотометрическими методами, результаты которых часто имеют низкую точность и чувствительность, многие ионы мешают проведению анализа. В контроле содержания ионов ТТМ в объектах окружающей среды на уровне их предельно допустимых концентраций возрастает потребность в высокочувствительных и избирательных методах, что является одной из актуальных проблем. В научной литературе для решения этой проблемы многие учёные предлагают оптические методы с предварительным сорбционным концентрированием.

Необходимо отметить наиболее часто цитируемые работы по определению содержания ионов ТТМ авторов: Moore J., Xagivara K., Muraki I., Shar G. A., Soomro G.A., Guo Y., Friberg L., Nordberg G., Vouk V., Linnik P., Samanidou V., Choi H.S., Qinhan J., Tessier A., Coetzee L., Preez H., Narin I., Soyлак M., Desai P., Bing G., Zhaang Z. и многих других, работающих в этой области, которые совместно с учеными стран СНГ также внесли высокий вклад в развитие спектрофотометрического метода определения ионов ТТМ: Алимарин И.П., Бабко А.К., Пилипенко А.Т., Золотов Ю.А., Москвин Л.Н., Саввин С.Б., Шпигун О.А., Иванов В.М., Бусев А.И., Долманова И.Ф., Шпигун Т.Н., Дорохова Е.Н., Васильев В.П., Булатов А.В. и др. Их исследования были направлены на концентрирование и спектрофотометрическое определение ионов ТТМ.

К этому ряду ученых относятся и современные узбекские ученые, один из них академик Толипов Ш.Т., создавший Республиканскую и среднеазиатскую школу химиков аналитиков, посвятивших свои работы оптическим и электрохимическим методам анализа, в частности фотометрическим, спектрофотометрическим, комплексометрическим, инверсионно-вольтамперметрическим и амперметрическому титрованию тяжелых токичных металлов и др. Развитие данного направления в Узбекистане непосредственно связано с исследованиями таких ученых как: Бабаев Н.Б., Хамракулов Т.К., Геворгян А.М., Рахматуллаев К.З., Круковская Е.Л., Шестерова И.П., Чапрасова Л.В., Кулматов Р.А., Файзуллаев О.Ф., Турабов Н.Т., Сманова З.А., Насимов А.М., Абдурахманов Э. и др. Все это свидетельствует о широком поле для научных исследований, связанных с определением оптическими методами ионов ТТМ с целью экологического и аналитического применения их в практике.



**Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного заведения.** Диссертационное исследование выполнено в рамках плана научно-исследовательских работ фундаментальных проектов Термезского государственного университета по темам ОТ-Ф7-34 “Синтез комплексобразующих полифункциональных ионитов и теоретические основы разделения некоторых d-металлов с их помощью” (2017-2020 гг.) и Ф-7-28«Синтез бинарных экстрагентов, на основе четвертичных азот- и фосфорных соединений, и их координационных соединений с благородными металлами» (2012-2016 гг.).

**Цель исследования:** разработка методики спектрофотометрического и сорбционно-фотометрического определения ионов кадмия (II), свинца (II), меди (II), цинка (II), ртути (II), хрома (III) и установление количественного распределения этих металл-ионов в водах рек Сурхандарьи.

**Задачи исследования:**

сорбционное концентрирование ионов кадмия (II), свинца (II), меди (II), цинка (II), ртути (II) и хрома (III) ионитами ТФГ-1 и КФГ-1 и определение оптимальных условий процесса сорбции;

разработка методов спектрофотометрического и сорбционно-фотометрического определения ионов кадмия (II), свинца (II), меди (II), цинка (II), ртути (II) и хрома (III) в водах Сурхандарьи;

определение ионов ТТМ в водах Сурхандарьи спектрофотометрическим и сорбционно-фотометрическим методами и оценка аналитических параметров предложенных методик;

испытание разработанных методик в лабораторных условиях для определения ионов кадмия (II), свинца (II), меди (II), цинка (II), ртути (II) и хрома (III) в составе реальных объектов и применение их для изыскания и нахождения рациональных путей анализа различных сложных объектов;

определение закономерностей распределения и миграции ТТМ в водах Сурхандарьи.

**Объектами исследования** являются стандартные растворы ионов кадмия (II), свинца (II), меди (II), цинка (II), ртути (II) и хрома (III), воды Сурхандарьи, иониты ТФГ-1 и КФГ-1.

**Предметом исследования** являются процессы сорбционного концентрирования ТТМ ионитами ТФГ-1 и КФГ-1, определение ионов ТТМ в водах Сурхандарьи спектрофотометрическим и сорбционно-фотометрическим методами.

**Методы исследования.** В качестве методов исследований использованы фотометрический, спектрофотометрический, ИК-спектроскопический и потенциометрический методы, а также статистические методы обработки полученных данных.

**Научная новизна исследования** заключается в следующем:

установлена оптимальных условий сорбционное концентрирование ионов меди (II), цинка (II), кадмия (II), свинца (II), ртути (II) и хрома (III) ионитам КФГ-1 и ТФГ-1.

впервые были разработаны методики сорбционно-фотометрического и спектрофотометрического определения ионов кадмия (II) 0,13-19,5 мкг/л, свинца (II) 0,2-7,8 мкг/л, меди (II) 0,1-1,5 мг/л, цинка (II) 1-15 мкг/л, ртути (II) 0,12-4,4 мкг/л и хрома (III) 0,12-1,8 мкг/л предварительным концентрированием ионов ТТМ с применением ионитов КФГ-1 и ТФГ-1в модельных водных растворах с относительным стандартным отклонением в пределах 0,01-0,04;

определено содержание на уровне одной десятой доли предела допустимой концентрации ионов меди (II), свинца (II) и ртути (II) в воде аридных зон с применением разработанных сорбционно-фотометрических и спектрофотометрических методов определения содержания ионов ТТМ в воде;

метрологически оценены правильность и воспроизводимость разработанных методик, нижние границы определяемых содержаний ионов, установлена форма распределения и миграции тяжелых токсичных металлов в водах Сурхандарьинской реки.

**Практические результаты исследования** заключаются в следующем:

разработана высокочувствительная, экспрессная, экономически дешёвая, избирательная методика определения ионов кадмия (II), свинца (II), меди (II), цинка (II), ртути (II) и хрома (III) в бинарных и более сложных смесях, промышленных образцах, природных водах, минералах и других объектах реагентом ТФГ-1;

определены оптимальные условия: кислотность среды и концентрация ионов металлов и реагента, а также другие физико - химические характеристики; разработаны селективные спектрофотометрические методы определения ионов кадмия (II), свинца (II), меди (II), цинка (II), ртути (II) и хрома (III) с предварительным концентрированием сорбентами КФГ-1 и ТФГ-1 в модельных бинарных и более сложных смесях, а также в природных водах.

**Достоверность результатов исследования** доказана современными физико-химическими методами как фотометрия, спектрофотометрия, потенциометрия, ИК-спектроскопия. Выводы сделаны на основе экспериментальных результатов, обработанных методами математической статистики.

**Научная и практическая значимость результатов исследования.** Научная значимость результатов исследования заключается в разработке спектрофотометрических методик определения ионов меди (II), цинка (II), кадмия (II), свинца (II), ртути (II) и хрома (III) в их индивидуальных растворах, модельных бинарных и более сложных смесях, обеспечивающих анализ природных вод.

Практическая значимость результатов исследования: разработанные спектрофотометрические методики используются в практической реализации определения ионов меди (II), цинка (II), кадмия (II), свинца (II), ртути (II) и хрома (III) в объектах окружающей среды с нижней границей их измеряемых концентраций на уровне ПДК и значительно ниже, что позволило обеспечить определение точных количеств этих тяжелых металлов в различных объектах.

**Внедрение результатов исследования.** На основе результатов научного исследования по разработке спектрофотометрических и сорбционно-

фотометрических методов определения ионов меди (II), цинка (II), кадмия (II), свинца (II), ртути (II) и хрома (III) с предварительным концентрированием сорбентами КФГ-1 и ТФГ-1:

методики спектрофотометрического определения ионов меди (II), цинка (II) и ртути (II) использованы при очистке воды от ионов тяжелых металлов в рамках прикладного гранта PZ-20170926176 “Выделение йода и его соединений из подземных соленых вод в Сурхандарьинской области” (2018-2020 гг) (справка Министерства Высшего и среднего специального образования 89-03-333 от 27 января 2020 года). В результате выявлены возможности очистки воды от ионов тяжелых металлов;

сорбционно-фотометрические и спектрофотометрические методики определения ионов тяжелых токсичных металлов внедрены в практику АО «Алмалыкского горно-металлургического комбината» (справка АО «Алмалыкского горно-металлургического комбината» за № АА-02019 от 11 марта 2020 года), что позволило определение на уровне одной десятой доли предела допустимых концентраций ионов меди (II), свинца (II) и ртути (II) в сточных водах;

разработанные сорбционно-фотометрические и спектрофотометрические методы определения были внедрены на Постоянном Уполномоченном Предприятии ТОО «Petromaruz Oversaes LLP» в Узбекистане (Справка Постоянного Уполномоченного Предприятия Великобритании в Узбекистане «Petromaruz Oversaes LLP» от 13 марта 2020 г. № УЗБ 01-01/125/1). В результате, используя разработанные сорбционно-фотометрический и спектрофотометрический методы, удалось повысить простоту и чувствительность анализа при определении микроколичеств тяжелых токсичных металлов в природных водах.

**Апробация результатов исследования.** Результаты исследования были доложены и обсуждены на 8 научно-практических конференциях, в том числе на 4 международных и 4 Республиканских.

**Опубликованность результатов исследования.** По теме диссертации опубликовано 16 научных работ, из них 3 научных статей, в том числе 2 в Республиканских и 1 в международных журналах, рекомендованных для публикации основных научных результатов диссертации доктора философии (PhD) Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан.

**Структура и объём диссертации.** Диссертации состоит из введения, трех глав, заключения, списка использованной литературы и приложения. Объем диссертации составляет 116 страниц.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ**

**Во введении** обоснованы актуальность и востребованность проведенного исследования, его цель и задачи, охарактеризованы объекты и предмет исследования, показано соответствие приоритетным направлениям развития науки и технологии Республики Узбекистан, приведены научная новизна и практические результаты исследования, раскрыты теоретическое и практическая значимость полученных результатов, приведен список

внедрения результатов исследования, опубликованность работы и данные о структуре диссертации.

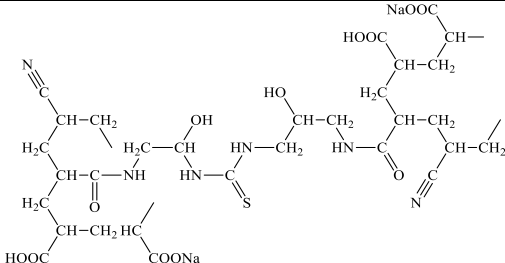
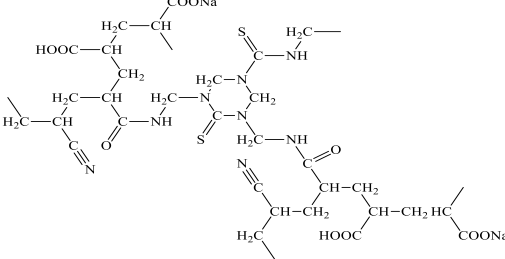
В первой главе диссертации «Современное состояние методик определения тяжелых токсичных металлов в природных водах», представлен литературный обзор, посвященный распределению ТТМ в объектах природной среды, формам нахождения и миграции, процессам превращения и распределения в водных экосистемах, концентрированию и разделению ионов ТТМ в природных водах, с помощью сорбционных методов, определению тяжелых металлов в воде фотометрическим и спектрофотометрическим методами.

В химическом анализе стадии разделения и концентрирования необходимы, когда прямые методы недостаточны для надежного обнаружения, идентификации и количественного определения. Характеристики известных методов постоянно улучшаются и совершенствуются, однако принципиальное значение разделения и концентрирования возрастает.

Во второй главе диссертации «Спектрофотометрические и сорбционно-фотометрические определения ионов тяжелых металлов в природных водах» приведены материалы, приборы и методы проведения исследований, методы подготовки стандартных и рабочих растворов, отбор проб и методы их подготовки. Для успешного проведения исследования использованы современные приборы и установки, отвечающие всем требованиям аналитических, экологических и оптических методов анализа.

Таблица 1

### Марки и формулы ионитов

| Марки ионита | Структурные формулы   | Авторы   |
|--------------|---|--|
| КФГ-1        |  | Патент РУз, IAP 05534,<br>Способ получения<br>комплексообразующего<br>ионита, Тураев Х.Х.,<br>Джалилов А.Т.,<br>Эшкурбонов Ф.Б.,<br>09.01.2018 |
| ТФГ-1        |  | Патент РУз, IAP 05533,<br>Способ получения<br>комплексообразующего<br>ионита, Тураев Х.Х.,<br>Джалилов А.Т.,<br>Эшкурбонов Ф.Б.,<br>09.01.2018 |

Приведены основные приемы и процедуры математической обработки полученных экспериментальных данных, известные в мировой литературе, а также способы определения нижней границы определяемых содержаний ТТМ

и их пределы определения - чувствительность, характеризующая качественную оценку разрабатываемых методов.

В табл.1. приведены структурные формулы ионитов, использованных в процессе концентрирования ТТМ. Спектрофотометрическое определение ионов тяжёлых металлов в остаточных после их сорбции растворах осуществляли для определения сорбционных характеристик (R,%; Q, мг/г; K; D) сорбентов (КФГ-1 и ТФГ-1). Определение остаточных концентраций ионов ТТМ после сорбции, а также их концентраций после десорбции проводили для модельных растворах реагентом ПАР.

В третьей главе «Разработка спектрофотометрических и сорбционно-фотометрических методик определения ионов тяжелых токсичных металлов в водах Сурхандарьи и аналитическая оценка» приведены результаты разработки спектрофотометрических и сорбционно-фотометрических методик определения ионов ТТМ в природных водах, изучения возможности применения в реальных объектах и метрологические характеристики разработанных методик.

Исследование проводили в статических условиях из индивидуальных растворов металл ионов. Исходный и равновесный растворы анализировали на содержание в них ионов металлов спектрофотометрическим методом. Поглощенное количество ионов металлов ( $m_{Me}$ ) рассчитывали по разности исходной и равновесной концентраций. Продолжительность контакта ионитов с растворами – 2 часа, рН растворов определяли потенциометрическим методом. Полученные результаты исследований сопоставляли с промышленными образцами Dowex и Chelex. Результаты исследований представлены в табл. 2.

**Таблица 2**

**Сорбционная емкость ионитов к ионам ТТМ в модельных растворах и оптимальный рН растворов, СОЕ, мг-экв/г, С=0,1 н., t=20 °С**

| Иониты | Ионогенные группы | Параметры | Ионы ТТМ         |                  |                  |                  |                  |                  |
|--------|-------------------|-----------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
|        |                   |           | Cu <sup>2+</sup> | Hg <sup>2+</sup> | Pb <sup>2+</sup> | Zn <sup>2+</sup> | Cd <sup>2+</sup> | Cr <sup>3+</sup> |
| КФГ-1  | =NH,<br>-COOH     | СОЕ       | 3,7              | 3,2              | 2,8              | 2,2              | 3,4              | 2,4              |
|        |                   | рН        | 4,5              | 4,12             | 4,12             | 4,28             | 5,11             | 4,78             |
| ТФГ-1  | =NH,<br>-COOH     | СОЕ       | 3,9              | 3,5              | 2,6              | 2,5              | 3,5              | 2,5              |
|        |                   | рН        | 4,7              | 4,14             | 4,61             | 4,35             | 4,56             | 4,35             |
| Dowex  | =NH,<br>-COOH     | СОЕ       | 3,7              | 3,3              | 2,5              | 2,6              | 3,3              | 2,7              |
|        |                   | рН        | 4,6              | 4,50             | 4,16             | 4,31             | 4,50             | 4,28             |
| Chelex | =NH,<br>-COOH     | СОЕ       | 3,8              | 2,7              | 2,9              | 2,7              | 3,6              | 2,4              |
|        |                   | рН        | 4,5              | 4,11             | 4,27             | 4,65             | 4,08             | 4,36             |

На практике более перспективным является проведение сорбции ионов меди в динамических условиях. С этой целью опыты в динамических условиях проводили на ионитах КФГ-1 и ТФГ-1 в зависимости от скорости потока исследуемого раствора, его концентрации, температуры и рН исходного раствора. Следует отметить, что выбор Н<sup>+</sup>-формы обусловлен тем, что в

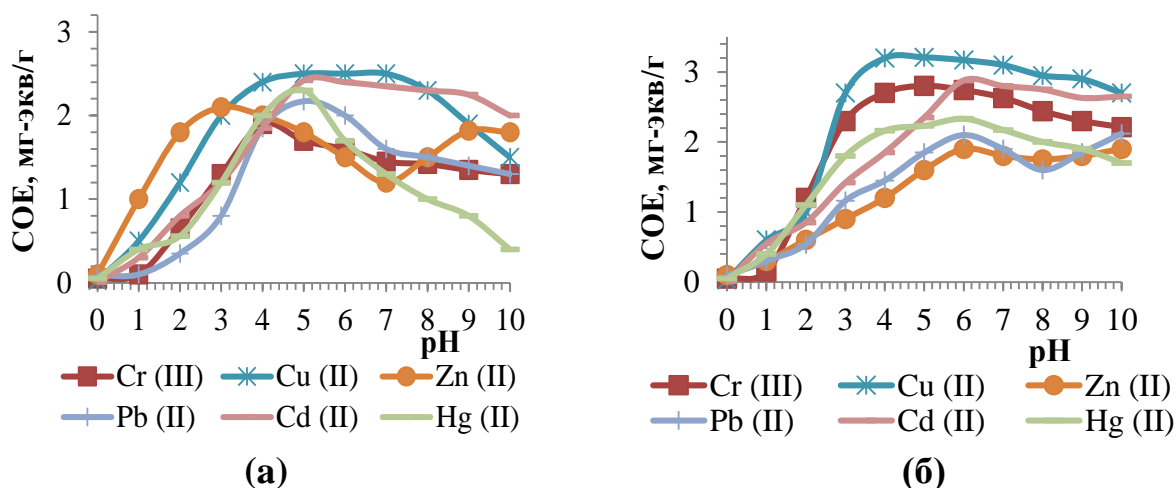
статических условиях при исследовании сорбции эффект выше, чем в солевой форме. Результаты исследования влияния скорости потока раствора сульфата меди на скорость сорбции ионов меди представлены в табл. 3.

**Таблица 3**

**Зависимость сорбции ионов меди от скорости потока растворов**  
( $C_{исх} CuSO_4=0,1$  н;  $t=20\pm 2^\circ C$ ; диаметр колонки  $d_k=14$  мм)

| Ионит | Скорость потока раствора $W$ , мл/сек | Полная динамическая емкость по иону меди $m_{дин}$ , МГ-ЭКВ/Л | Время полного насыщения анионита $\tau_{нас}$ , сек |
|-------|---------------------------------------|---|---|
| КФГ-1 | 1,70                                  | 1,03  | 485   |
|       | 0,72                                  | 1,42  | 2400  |
|       | 0,34                                  | 1,86  | 4000  |
|       | 0,31                                  | 1,92  | 6850  |
|       | 0,22                                  | 2,35  | 9760  |
| ТФГ-1 | 1,80                                  | 1,01  | 515   |
|       | 0,78                                  | 0,88  | 1012  |
|       | 0,41                                  | 1,18  | 2025  |
|       | 0,27                                  | 1,39  | 4400  |
|       | 0,15                                  | 1,50  | 6700  |

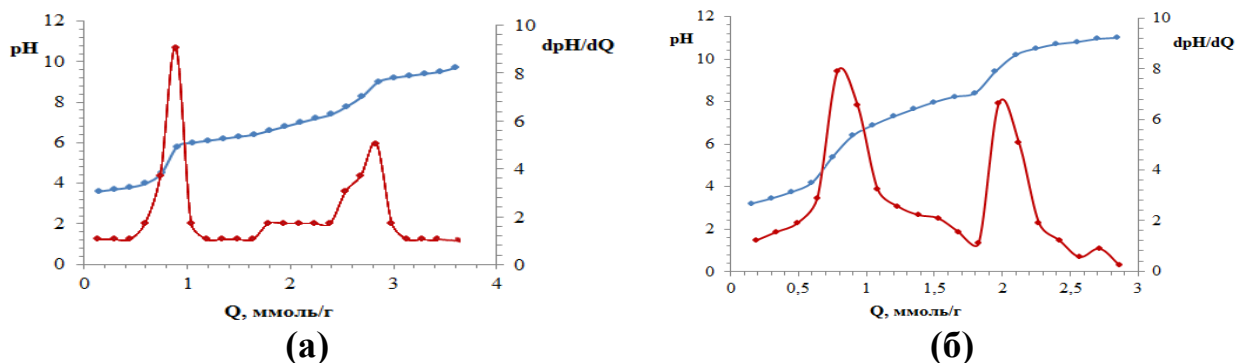
Из данных табл. 3. видно, что увеличение скорости потока раствора как для КФГ-1 так и ТФГ-1 уменьшает сорбцию ионов меди почти в 2 раза, при этом продолжительность процесса сорбции сокращается более чем в 15 раз. Исходя из величины сорбции и продолжительности процесса, за оптимальную скорость потока внешнего раствора можно принять  $W=0,36\div 0,4$  мл/сек.



**Рис.1. Зависимость сорбционной способности ионитов на основе КФГ-1 (а) и ТФГ-1 (б) от pH среды.**

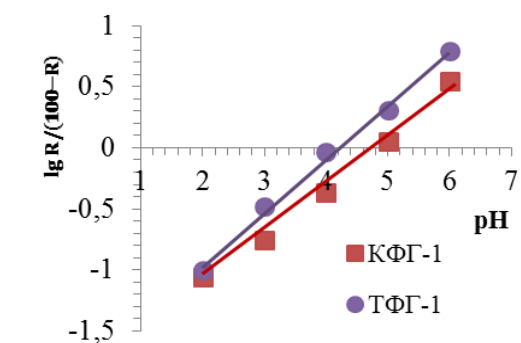
Титрование полимерных кислот и оснований обычно проводят при высоких значениях ионной силы раствора ( $\mu = 0,5-2$ ). Иначе из-за влияния активных групп ионитов скачки на кривой титрования проявляются не четко или вообще могут отсутствовать. Все серии измерений кривых потенциометрического титрования получали при постоянной ионной силе растворов равной 1, которые готовили на фоне раствора индифферентного

электролита NaCl. По полученным данным строили кривую потенциометрического титрования на координатах Q (количество титранта), ммоль/г - pH. Для точного определения точек эквивалентности на интегральной кривой титрования строили дифференциальную кривую на координатах Q- dpH/dQ (рис 2). Кривые титрования имеют ступенчатую структуру, что говорит о полифункциональности изученных сорбентов.



**Рис.2. Интегральные ва дифференциальные кривые потенциометрического титрования ионитов КФГ-1 (а) и ТФГ-1 (б) раствором NaOH.**

Кривые титрования, выражающие зависимость величины pH раствора от количества добавленной щелочи, позволяют определять максимальную емкость сорбента и сделать только качественные заключения о значениях рК активных групп. Количественное определение значений констант ионизации (рК<sub>ион</sub>) кислотных групп получали из данных потенциометрического титрования, используя уравнение Гендерсона-Гассельбаха.



**Рис.3. Графическое определение числа протонов, вытесняемых при сорбции меди (II).**

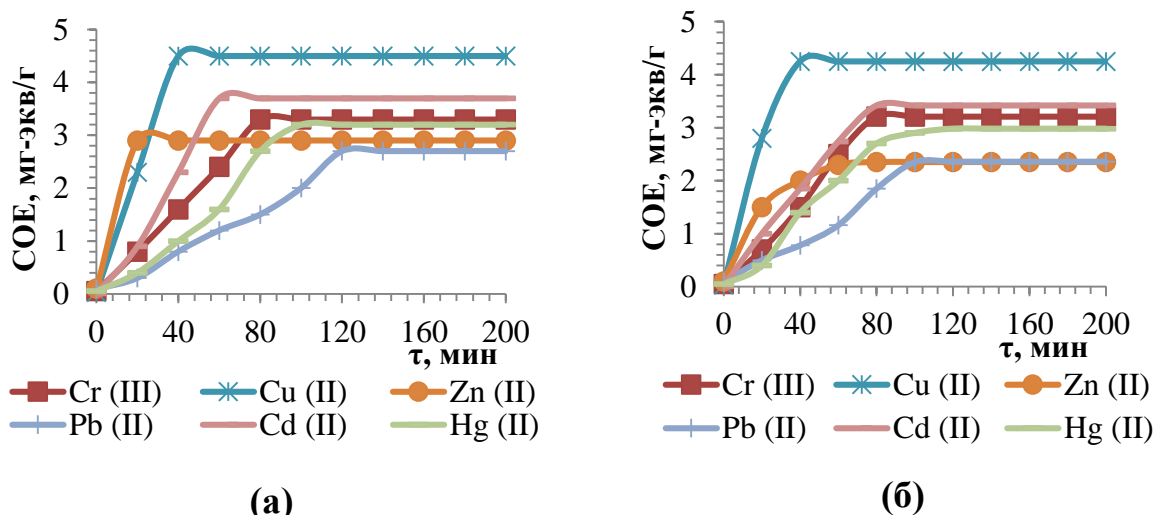
**Таблица 4  
Определение числа протонов (n), вытесняемых при сорбции меди (II)**

| КФГ-1         |    |                       | ТФГ-1         |    |                       |
|---------------|----|-----------------------|---------------|----|-----------------------|
| pH            | R  | $\lg \frac{R}{100-R}$ | pH            | R  | $\lg \frac{R}{100-R}$ |
| 2             | 3  | -1,509                | 2             | 8  | -1,061                |
| 3             | 12 | -0,388                | 3             | 15 | -0,753                |
| 4             | 38 | 0,034                 | 4             | 30 | -0,368                |
| 5             | 56 | 0,825                 | 5             | 53 | 0,052                 |
| 6             | 79 | 1,005                 | 6             | 78 | 0,550                 |
| tgα=1,19; n=1 |    |                       | tgα=0,92; n=1 |    |                       |

**Таблица 5  
рК ионизации кислотно-основных групп ионитов**

| Ионит | рК <sub>n</sub> | рК <sub>д</sub> | Титруемые группы            |
|-------|-----------------|-----------------|-----------------------------|
| КФГ-1 | рК <sub>1</sub> | 4,15            | Протон карбоксильной группы |
|       | рК <sub>2</sub> | 9,38            | Аминогруппа                 |
| ТФГ-1 | рК <sub>1</sub> | 4,47            | Протон карбоксильной группы |
|       | рК <sub>2</sub> | 9,24            | Аминогруппа                 |

Влияние времени и температуры изучали приготовлением серий растворов объемом 25 мл с содержанием 50 мкг элемента и 50 мг ионита с учетом выбранной ранее оптимальной кислотности сорбции. Растворы первых серий перемешивали при комнатной температуре в течение 10, 20, 30, 45, 60, 90, 120 мин, а растворы других серий нагревали в интервале температур 30-80°C и перемешивали при заданной температуре в течение 5, 10, 15, 30, 45 и 60 мин. По полученным данным строили графические зависимости степени извлечения элементов от продолжительности контакта ионита с раствором и температуры. Из полученных зависимостей определяли оптимальное время и температуру сорбции.



**Рис.4. Зависимости статической обменной емкости ионитов к ионам металлов от времени ( $C_{Me}=0,1$  н,  $m_{сорб}=0,1$  г,  $pH=6$ ,  $V=10$  мл ).**

Согласно полученным данным наибольшая степень извлечения при оптимальном pH достигается для различных систем “элемент - ионит” в течении 40-80 мин при комнатной температуре.

**Методика определения.** В зависимости от поставленной задачи (определение ПДК или его долей) исходный объем анализируемой воды варьирует соответственно от 50 до 250 мл. В конические колбы помещают сорбенты массой 0,030 г (3,5X3,5 см), добавляют водные растворы (50 – 250 мл) определяемых ионов металлов (градуировочные растворы или анализируемую воду) и проводят сорбцию в статическом режиме на горизонтальном шейкере в течение 2х часов, дополнительно контролируя pH 5-6 растворов универсальной индикаторной бумагой (отсутствие буферного раствора). Затем сорбенты отделяют от раствора определяемого иона металла, промывают дистиллированной водой и помещают на фильтровальную бумагу для удаления остаточной воды. После сорбции иониты помещают в химические стаканы и заливают раствором десорбента (соляная или азотная кислота с концентрацией 0,01, 0,1 или 1 М,  $V_{общ.} = 5$  мл). После десорбции ( $\tau$  десорбции = 1 ч) аликвотные части кислых растворов, содержащих ионы металлов, переносят в мерные колбы емкостью 25 мл, добавляют по каплям 0,1 М раствор NaOH до нейтрального значения pH (контроль универсальной индикаторной бумагой), добавляют последовательно водный раствор ПАР ( $c =$

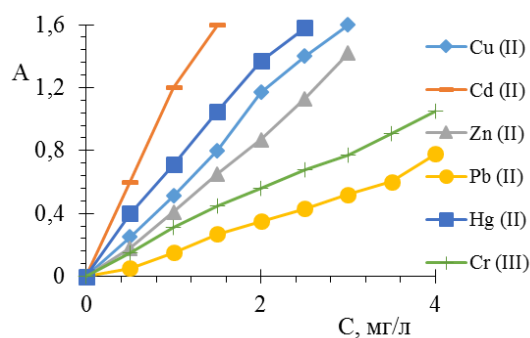


$8 \cdot 10^{-5}$  М), ацетатно-аммиачный буферный раствор (рН = 10) и доводят до метки дистиллированной водой. Далее проводят спектрофотометрическое измерение оптической плотности при  $\lambda_{\max} = 520$  нм. Содержание ионов металлов находят по градуировочному графику (рис 5. , табл.6 ), учитывая при этом объём раствора, из которого проводят десорбцию.

**Таблица 6**

**Концентрации и аликвотные части растворов соли свинца, ПАР и буферной системы для построения градуировочной зависимости**

| № п/п | $c(\text{Pb}^{2+}), \text{M}$ | $V(\text{Pb}^{2+}), \text{мл}$ | $c, \text{M}; V(\text{ПАР}), \text{мл}$ | $V(\text{буфер}), \text{мл}$<br>рН = 10 |
|-------|-------------------------------|--------------------------------|---|---|
| 1     | $8 \cdot 10^{-6}$             | 0,08                           | $8 \cdot 10^{-5};$<br>0,3               | 4,62                                    |
| 2     | $1 \cdot 10^{-5}$             | 0,1                            |   | 4,6                                     |
| 3     | $2 \cdot 10^{-5}$             | 0,2                            |   | 4,5                                     |
| 4     | $3 \cdot 10^{-5}$             | 0,3                            |   | 4,4                                     |
| 5     | $4 \cdot 10^{-5}$             | 0,4                            |   | 4,3                                     |
| 6     | $5 \cdot 10^{-5}$             | 0,5                            |   | 4,2                                     |



**Рис.5. Градуировочные графики для спектрофотометрического определения ионов металлов.**

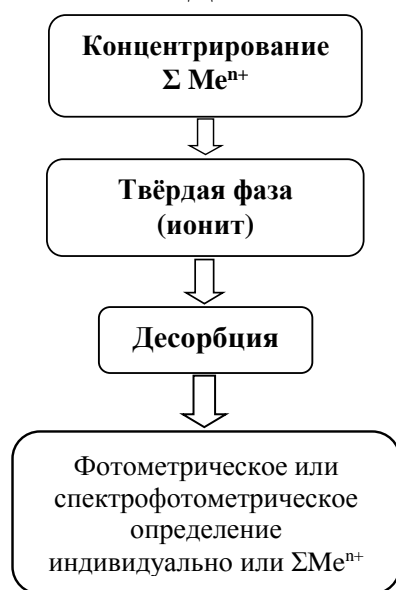
**Таблица 7**

**Уравнения градуировочных графиков для определяемых ионов ТМ методом СФМ с реагентом ПАР**

| $C, \text{мг/л}$     | $A, \text{Cu(II)}$ | $A, \text{Cd(II)}$ | $A, \text{Zn(II)}$ | $A, \text{Pb(II)}$ | $A, \text{Hg(II)}$ | $A, \text{Cr(III)}$ |
|----------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|
| 0,5                  | 0,2                | 0,6                | 0,18               | 0,05               | 0,4                | 0,15                |
| 1,0                  | 0,4                | 1,2                | 0,26               | 0,15               | 0,6                | 0,34                |
| 1,5                  | 0,8                | 1,6                | 0,45               | 0,27               | 0,98               | 0,45                |
| 2,0                  | 1,2                | -                  | 0,65               | 0,35               | 1,17               | 0,56                |
| 2,5                  | 1,4                | -                  | 1,13               | 0,43               | 1,42               | 0,62                |
| 3,0                  | -                  | -                  | 1,47               | 0,52               | -                  | 0,77                |
| 3,5                  | -                  | -                  | -                  | 0,6                | -                  | 0,91                |
| 4,0                  | -                  | -                  | -                  | 0,78               | -                  | 1,05                |
| рН                   | 2-12               | 9,8-10,4           | 6-10               | 10                 | 10-11              | 5-7                 |
| $\lambda, \text{нм}$ | 500                | 495                | 495                | 520                | 500                | 540                 |
| $\epsilon$           | 71800              | 84000              | 63400              | 40000              | 68700              | 47000               |
| $y$                  | $0,559x-0,024$     | $x+0,133$          | $0,49x-0,081$      | $0,195x-0,045$     | $0,604x+0,116$     | $0,247x+0,0519$     |

На рис.6 схематично приведена предложенная в работе методология предварительного концентрирования тяжёлых металлов ионитами с последующим селективным спектрофотометрическим определением на

уровне долей ПДК.



**Рис.6. Схема предварительного концентрирования и последующего определения тяжёлых металлов.**

Контроль правильности разработанных спектрофотометрических методик осуществлён методом «введено-найден».

Исследуемые реки имеют снегово-ледниковое питание и в формировании химического состава жидкой фракции основную роль должны играть атмосферные осадки. Сток речных систем Сурхандарьи формируется в горных районах Бабатаг на территории около 45 тыс.км<sup>2</sup>, где выпадает значительное количество осадков и имеются многолетние запасы снега и льда. Из данных по элементному составу осадков, отобранных в фоновых районах региона, видно, что основное количество токсичных элементов- Cu, Cr, Zn, Hg, Pb находится в растворенной форме на

одинаковом уровне с речными водами. Zn, Cr, Cu, Hg, и Pb в атмосферных осадках несколько превышает их содержание в речных водах. Для этих элементов, по-видимому, в формировании речного стока главную роль играют атмосферные осадки. Таким образом, можно утверждать, что атмосферные осадки являются главным источником формирования растворенной части тяжелых металлов в поверхностных водах аридной зоны.

В табл.8. представлены параметры уравнений регрессии (типа  $y=ax+b$ ) для некоторых сильно корреляционных пар химических элементов в исследуемых водах. Эти уравнения могут быть использованы для приближенного расчета и прогноза содержания некоторых токсичных элементов в речных водах республики. Точность расчетов с помощью уравнений во многих случаях достаточна для расчета содержания исследуемых элементов по содержанию других компонентов.

**Таблица 8.**

**Параметры увеличения регрессии для некоторых элементов во взвеси р. Сурхандарьи (створ Тупаланг, 2018г.)**

| Элементы | $y= a+bx$ |       | r, x, y |
|----------|-----------|-------|---------|
|          | A         | B     |         |
| Cr-Cu    | 0,15      | 0,054 | 0,55    |
| Cr-Zn    | 3,6       | 1,81  | 0,56    |
| Hg-Cu    | 0,016     | 0,129 | 0,64    |
| Hg-Cr    | 0,034     | 1,40  | 0,68    |
| Cd-Cu    | -0,032    | 0,153 | 0,66    |
| Cd-Cr    | 0,61      | 1,21  | 0,51    |

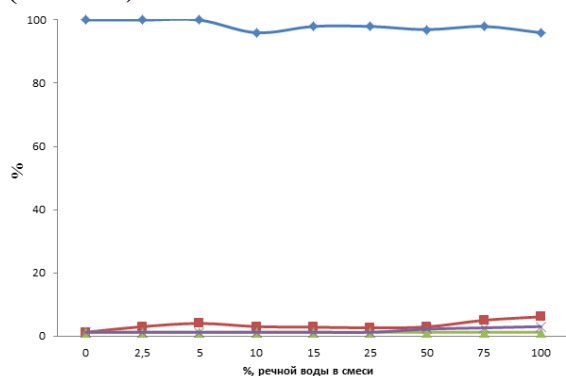
Математическое моделирование химического состояния меди в водах рассматриваемого региона показало, что доминирующей микроэлемента является положительно заряженный гидратированный ион  $\text{Cu}^{2+}$  (табл.9).

**Таблица 9.**

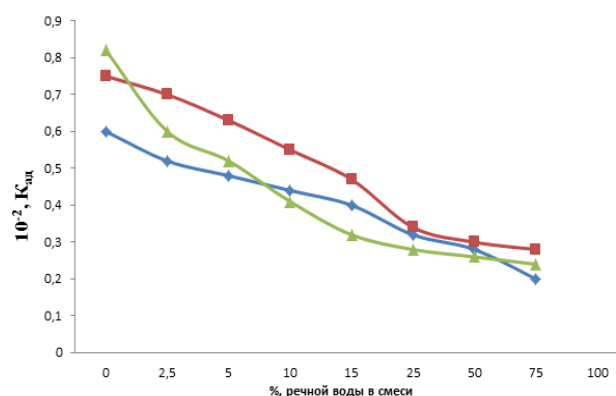
**Соотношение химических форм меди в исследуемых водах, %**

| Элемент                           | Река Каратау | Река Сангардак | Река Хужайпак |
|-----------------------------------|--------------|----------------|---------------|
| $\text{Cu}^{2+}$                  | 54           | 60             | 50            |
| $\text{CuSO}_4^0$                 | 32           | 20             | 18            |
| $[\text{Cu}(\text{SO}_4)_2]^{2-}$ | 14           | 20             | 32            |

Наряду с образованием положительно заряженной формы возможно существование незаряженных форм в виде сульфатных комплексов типа  $\text{CuSO}_4$ . Не исключено образование и отрицательно заряженных форм вида сульфатных комплексов  $\text{Cu}(\text{SO}_4)_2^{2-}$  в речной воде, в эстуариях и речных водах (табл. 9).



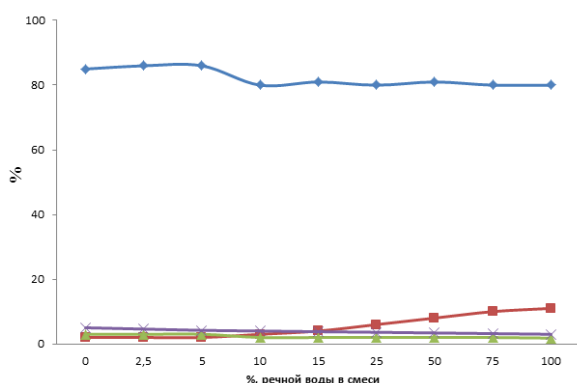
**Рис. 7. Формы меди из моделей эстуария (река Сангардак-Сурхандарьи):** (—♦—) - катионная, (—■—) - нейтральная и коллоидная, (—▲—) - анионная, (—×—) - взвешенная (>0,17 мкм).



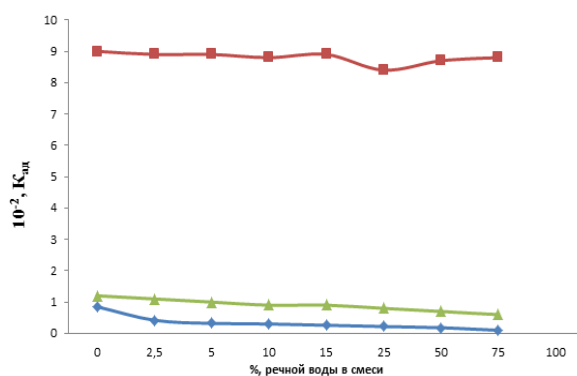
**Рис. 8. Сорбция меди из моделей (река Сангардак- Сурхандарьи):** (—♦—)-стекло (Л-36), (—■—)-ТФГ-1, (—▲—)-КФГ-1.

Как следует из данных табл. 9, в природных водах действительно существуют взвешенные сорбционные формы, содержащие медь, которые могут быть выделены методами фильтрации и седиментации. Вероятность образования взвешенных форм элемента сорбционного характера зависит от типа вод. Например, в водах р. Каратау возможность образования взвешенных форм микроэлемента минимальна, а в р. Тупаланг максимальна. Различная доля взвешенных форм меди для проб из акватории рек Каратау, Сангардак, Хужайпак связана как с индивидуальным для использованных вод содержанием сорбционно-активной взвеси, так и с природой этой взвеси.

Действительно, сорбционные эксперименты (рис. 7-10) выделяют иониты в качестве специфического сорбента на медь из вод р. Сангардак и ее эстуария, и ТФГ-1 - для вод р. Каратау. Кроме того, очевидно, немаловажен и тип вод, в которых образовалась взвесь для устойчивости в эстуарии.



**Рис. 9. Формы медь из моделей эстуария (река Сурхандарьи-Амударьи):** (—◆—)- катионная, (—■—)- нейтральная и коллоидная, (—▲—)- анионная, (—×—)- взвеси.



**Рис. 10. Сорбция медь из моделей (река Сурхандарьи-Амударьи):** (—◆—)-стекло (Л-36), (—■—)-ТФГ-1, (—▲—)-КФГ-1.

Распределение заряженных форм меди (табл.9) совпадает с прогнозом математического моделирования: основное количество (>96%) меди содержится в виде положительно заряженных форм, а доля отрицательно заряженных форм элемента не превышает 3 %.

Это соотношение мало меняется и в эстуарии. Основное изменение в эстуарии претерпевают нейтральные и коллоидные формы меди, доля которых с ростом солёности более 25 % об.речных вода увеличивается.

Экспериментальное моделирование, хотя и даёт полное представление о физико-химическом состоянии меди в природных поверхностных водах аридной зоны, но не рассматривает консервативные формы меди (т.е. генетически обусловленных форм), в которых микроэлемент связан настолько прочно, что практически не вступает в реакции (возможно также, что это кинетически затруднено).

**Таблица 10**

**Содержание меди в исследуемых водах, %**

| Место отбора проб         | Фильтрация > 0,17 мкм | Центрифугирование | Электродиализ |                   |          |
|---------------------------|-----------------------|-------------------|---------------|-------------------|----------|
|                           |                       |                   | Катионная     | Нейтр. и коллоид. | Анионная |
| Река Хужайпак             | 2                     | 3,5               | 89            | 6                 | 2        |
| Река Сангардак (г. Денау) | 1                     | 1,9               | 96            | 2                 | 1,5      |
| Река Каратау (п. Узун)    | 3                     | 4                 | 89            | 5                 | 3        |

Примерами таких форм могут быть устойчивые комплексы меди с растворённым органическим веществом немоделируемого состава, существование в виде собственного стабилизированного коллоида или взвеси, где микроэлемент включён внутрь агломерата тем или иным способом в кристаллическую решётку и т.п. Поэтому прямое определение форм меди в пробах вод рек Сангардак, Каратау и Хужайпак даёт картину распределения микроэлемента различными формами, несколько отличную от модельных экспериментов (табл.11.).

Таблица 11

## Формы нахождения меди в исследуемых водах

| Место отбора проб         | Взвесь     |            | Электродиализ |                    |          |
|---------------------------|------------|------------|---------------|--------------------|----------|
|                           | > 0,85 мкм | > 0,12 мкм | Катионная     | Нейтрал.и коллоид. | Анионная |
| Река Хужайпак             | 8          | 5          | 60            | 16                 | 11       |
| Река Сангардак (г. Денау) | 6          | 2          | 59            | 24                 | 9        |
| Река Каратау (п. Узун)    | 19         | 14         | 38            | 28                 | < 1      |

Как и следовало ожидать, увеличено содержание меди во взвеси. Распределение взвеси, содержащей исследуемый элемент, по типам вод такое же, как и в случае модельных экспериментов, однако, содержание его во взвеси значительно (в 2-6 раз) увеличено.

Наблюдаемое фракционное распределение меди полностью согласуется с гипотезой о генетически связанном в консервативные формы микроэлемента: медь в основном включена в грубодисперсную взвесь, слабо поддающуюся выщелачиванию. Значительное по сравнению с экспериментальным моделированием количество микроэлемента связано в виде нейтральных и коллоидных форм. Природу этих форм к сожалению определить не удалось. В качестве рабочего предположения можно принять образование нейтральных форм меди с природными комплексообразователями, моделирование которых кинетически затруднено. В качестве примера коллоидной формы меди можно в нашем случае предположить образование сорбционно-инертного по отношению к микроэлементу коллоида, в котором на стадии его образования медь включена в структуру в качестве примеси, и по этой причине не мог моделироваться. Принятие нашего рабочего предположения объясняет наблюдаемое относительное увеличение взвеси меди в примесных водах реки Сурхандарьи, поскольку они выполняют транспортную функцию взвеси. Увеличение доли меди, включенной во взвешенную и коллоидную формы, ведет к соответствующему уменьшению доли заряженных форм. Примечательно, что уменьшение наблюдается как по данным фотометрического анализа, так и по результатам полученным спектрофотометрическим методом, где среди растворенных форм меди преобладают катионные формы, что и свойственно данному элементу.

При сопоставлении результатов фотометрического метода анализа и методик экспериментального моделирования, устанавливается удовлетворительное согласие для конкретных форм нахождения меди. По данным фотометрического анализа некоторое количество меди в исследуемых водах мигрирует в составе взвеси тонкодисперсного коллоида, а также в виде устойчивого анионного комплекса, для которых кинетика обмена протекает медленнее и фотометрический метод дает, по-видимому, заниженные результаты. Таким образом, для моделирования состояния меди воду необходимо предварительно освобождать от грубой взвеси и коллоида.

## ВЫВОДЫ

1. Предложены методики сорбционного концентрирования суммы тяжёлых металлов: меди (II), цинка (II), кадмия (II), свинца (II), ртути (II) и хрома (III) ионитам КФГ-1 и ТФГ-1 из водных сред. Предложены оптимальные условия концентрирования и последующего определения тяжёлых металлов на уровне одной десятой доли ПДК методами спектрофотометрии.

2. Проведена сравнительная характеристика сорбционных свойств в интервале рН 1 – 12 ионитов ТФГ-1 и КФГ-1 по отношению к ионам кадмия (II), свинца (II), меди (II), цинка (II), ртути (II) и хрома (III). Вычислены константы ионизации ТТМ на основе результатов интегрального и дифференциального потенциометрического титрования и рекомендованы по предварительному расчету массы сорбентов для 100%-ного извлечения исследованных ионов тяжёлых металлов из водных растворов.

3. Разработаны селективные, экспрессные, эффективные сорбционно-фотометрические и спектрофотометрические методы определения ионов кадмия (II), свинца (II), меди (II), цинка (II), ртути (II) и хрома (III) в водах Сурхандарьи и определены содержания ионов которые составляют для кадмия (II) 1,2-2,3 мкг/л, свинца (II) 0,2-0,7 мкг/л, меди (II) 1-2 мкг/л, цинка (II) 3,7-10,2 мкг/л, ртути (II) 0,15-0,82 мкг/л и хрома (III) 0,7-1,3 мкг/л.

4. Показаны, в верхнем створе реки Сурхандарьи имеется корреляционная связь ионов некоторых ТТМ: створ Сангардак, ртуть-цинк,  $r=0,601$ ; Южное Сурханский водохранилище, ртуть-хром (III),  $r=0,654$ , ртуть-медь,  $r=0,695$ ; створ Каратаг, медь-цинк,  $r=0,672-0,860$ , медь-хром,  $r=0,555$ .

5. Разработанные сорбционно-фотометрические и спектрофотометрические методики определения ионов кадмия (II), свинца (II), меди (II), цинка (II), ртути (II) и хрома (III) внедрены в аналитические лаборатории управления экологии и охраны окружающей среды Сурхандарьинской области и рекомендованы для анализа реальных объектов.

**SCIENTIFIC COUNCIL PhD.03 / 30.12.2019.K.02.05 ON AWARDING  
THE ACADEMIC DEGREE OF THE DOCTOR OF PHILOSOPHY AT  
SAMARKAND STATE UNIVERSITY**

---

**TERMEZ STATE UNIVERSITY**

**TILLAEV KHOLMAMAT**

**DEVELOPMENT OF SPECTROPHOTOMETRIC AND SORPTION-  
PHOTOMETRIC METHODS FOR DETERMINING IONS OF SOME  
HEAVY AND TOXIC METALS IN SURKHANDARYA WATERS**

**02.00.02–Analytical chemistry**

**DISSERTATION ABSTRACT OF  
DOCTOR OF PHILOSOPHY (PhD) ON CHEMICAL SCIENCES**

**Samarkand –2020**



The title of the dissertation of the Doctor of Philosophy (PhD) in chemical sciences has been registered by the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan with registration number of B2020.2.PhD/K275.

The dissertation has been carried out at the Termez state university.

The abstract of dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) on the Scientific council website [www.samdu.uz](http://www.samdu.uz) and Information-educational portal «ZiyoNet» [www.ziyo.net](http://www.ziyo.net)

**Scientific supervisor:**

**Turaev Khait Khudainazarovich**  
Doctor of Chemical Sciences, Professor

**Official opponents:**

**Aronbaev Sergey Dmitrievich**  
Doctor of Chemical Sciences, Professor

**Yakhshiyeva Zuhra Ziyatovna**  
Doctor of Chemical Sciences, Docent

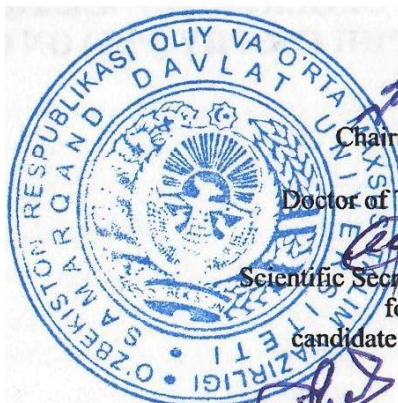
**Leading organization:**

**National University of Uzbekistan**

The defense will take place on «9» 06 2020 at «14<sup>00</sup>» o'clock at the meeting of the Scientific Council PhD.03/30.12.2019.K.02.05 at Samarkand State University. Address:140104,Samarkand city, University Blvd.,15,Department of Chemistry, 3<sup>rd</sup> floor, room 305. Tel: (99866) 239-11-40, fax; (99866) 239-11-40,e-mail: [devonxona@samdu.uz](mailto:devonxona@samdu.uz)

The dissertation can be reviewed at the Information Resource Centre of the Samarkand State University under №39 Address:140104, Samarkand city,University Blvd.,15. IRC, Ph.: (+99866) 239-11-51.

The abstract of the dissertation has been distributed on «2» 06 2020 y.  
Protocol at the register № 4 dated «2» 06 2020 y



**A. Nasimov**  
Chairman the Scientific Council for  
awarding of scientific degrees,  
Doctor of Technical Sciences, Professor.

**Sh. Sayitkulov**  
Scientific Secretary of the Scientific Council  
for awarding scientific degrees,  
candidate of chemical sciences, Docent.

**E. Abdurakhmanov**  
Chairman of the Scientific Seminar under Scientific  
Council for awarding scientific degrees,  
Doctor of Chemical Sciences, Professor.



## **INTRODUCTION (abstract of doktor of philosophy PhD dissertation)**

**The aim of the research work** is the development of a sorption-photometric and spectrophotometric determination of cadmium (II), lead (II), copper (II), zinc (II), mercury (II), chromium (III) ions and the quantitative distribution of these metal ions in the water of the Surkhandarya River .

**The objects of the research work** are standard solutions of cadmium (II) ions, lead (II), copper (II), zinc (II), mercury (II) and chromium (III), water of the Surkhandarya river, TFG-1 and KFG-1 ion exchangers.

**Scientific novelty of the research work** is in follows:

optimal conditions have been established for the sorption concentration of copper (II), zinc (II), cadmium (II), lead (II), mercury (II) and chromium (III) ions) KFG-1 and TFG-1 ion exchangers;

for the first time, methods were developed for sorption-photometric and spectrophotometric determination of ions of cadmium (II) ions 0.13-19.5 µg/l, lead (II) 0.2-7.8 µg/l, copper (II) 0.1-15 µg/l, zinc (II) 1-15 µg/l, mercury (II) 0.12-4.4 µg/l and chromium (III) 0.12-1.8 µg/l by preliminary concentration of TTM ions from ion exchangers KFG-1 and TFG-1 in model aqueous solutions with a relative standard deviation in the range of 0.01-0.04;

determined at the level of one tenth of the limit of the permissible concentration of copper (II), lead (II) and mercury (II) ions in the water of arid zones using the developed sorption-photometric and spectrophotometric methods for determining the content of TTM ions in water;

the correctness and reproducibility of the developed methods, the lower limits of the determined ion contents were evaluated metrologically, the forms of distribution and migration of heavy toxic metals into the waters of the Surkhandarya River were established.

### **Implementation of the research results.**

Based on the results of scientific research on the development of spectrophotometric and sorption-photometric methods for the determination of copper (II), zinc (II), cadmium (II), lead (II), mercury (II), and chromium (III) ions with preliminary concentration with KFG-sorbents 1 and TFG-1:

spectrophotometric methods for the determination of copper (II), zinc (II) and mercury (II) ions were used to purify water from heavy metal ions in the framework of the applied grant PZ-20170926176 “Isolation of iodine and its compounds from groundwater in the Surkhandarya region” (2018- 2020) (reference from the Ministry of Higher and Secondary Special Education 89-03-333 from January 27, 2020). As a result, the possibilities of water purification from heavy metal ions have been identified;

sorption-photometric and spectrophotometric methods for the determination of heavy toxic metal ions have been introduced into practice at Almalyk Mining and Metallurgical Plant JSC (certificate of Almalyk Mining and Metallurgical Plant JSC at No. AA-02019 dated March 11, 2020), which allowed determination at the level of one tenth fraction of the allowable concentration of copper (II), lead (II) and mercury (II) ions in wastewater;

the developed sorption-photometric and spectrophotometric determination methods were introduced at the Permanent Authorized Enterprise of Petromaruz Overseas LLP LLP in Uzbekistan (Certificate of the Permanent Authorized Enterprise of Great Britain in Uzbekistan Petromaruz Overseas LLP dated March 13, 2020 No. UZB 01-01 / 125/1 ) As a result, using the developed sorption-photometric and spectrophotometric methods, it was possible to increase the simplicity and sensitivity of the analysis when determining the micro quantities of heavy toxic metals in natural waters.

**The structure and volume of dissertation.**The structure of the dissertation consists of an introduction, three chapters, conclusion, list of references and applications. The dissertation is 116 pages long.

**ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ**  
**СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ**  
**LIST OF PUBLICATIONS**

**I бўлим (I часть; I part)**

1. Тиллаев Х.Р., Тураев Х.Х., Кулматов Р.А., Эшкурбонов Ф.Б. Формы миграции токсичных элементов в воде р. Сурхандарьи //Universum: технические науки. – 2019. – №. 12 (69). Ч.3. -с. 64-69. URL: <http://7universum.com/ru/tech/archive/item/8503> (02.00.00, №1);

2.Тиллаев Х.Р., Тураев Х.Х., Эшкурбонов Ф.Б. Изменение фазового распределения содержания токсичных металлов в речных водах в зависимости от гидрологического режима // НамДУ илмий ахборотномаси,- 2020.- № 3, -с. 134-138. (02.00.00, №18);

3. Тиллаев Х.Р., Тураев Х.Х., Умбаров И.А. Сурхондарё суви таркибидан IА ва IIА гуруҳ ионларини аниқлаш// СамДУ илмий ахборотномаси. -2020. -№ 1 (119) -с. 76-79. (02.00.00, №9);

**II бўлим (II часть; II part)**

4.Тиллаев Х.Р., Тураев Х.Х., Кулматов Р.А., Умбаров И.А. Химический анализ воды реки Сурхандарьи // Вестник Каракалпакского государственного университета им. Бердаха. - 2020.- №1 (46). -с.25-29.

5. Tillaev Kh.R., Turaev Kh.Kh., Kulmatov R.A., Eshkurbonov F.B. Isolation of forms toxic metals in natural waters by ion exchange method //Academicia: An International Multidisciplinary Research Journal. – 2020. –Т. 10. –№. 1. – р. 31-35.

6. Тураев Х.Х., Тиллаев Х.Р., Умбаров И.А. Сурхондарё сувининг фотометрик таҳлили // Ёш олимлар, аспирантлар, магистрантлар ва тадқиқотчиларнинг II-анъанавий илмий амалий конференциялари материаллари тўплами. - Термиз, - 2012. 103 б.

7.Тураев Х.Х., Касимов Ш.А., Эшкараев С.Ч., Кенжаев Д.Р., Тиллаев Х.Р. Исследование сорбции платиновых металлов с ионообменным сорбентом // XX Международная Черняевская конференция по химии, аналитике и технологии платиновых металлов.- 7-12 октября, Красноярск, -2013.С. 120

8. Тиллаев Х.Р., Джалилов А.Т., Тураев Х.Х., Қосимов Ш.А., Иззатиллаев Н.А. Содержание и фазовое распределение микроэлементов в речных водах // «Аналитик кимё фанининг долзарб муаммолари» IV- Республика илмий-амалий анжумани II қисм Термиз.2014 йил 1-3 май, -243-244 б.

9. Тураев Х.Х., Тиллаев Х.Р. Корреляционные связи между парами элементов в исследуемых водах // «Аналитик кимё фанининг долзарб муаммолари» IV- Республика илмий-амалий анжумани, II қисм, Термиз. 2014 йил 1-3 май,245-246 б.

10. Тураев Х.Х., Тиллаев Х.Р. Физико-химическое состояние цинка и кадмия в природных водах // Ёш олимлар ва талабаларнинг «XXI аср – интеллектуал авлод асри» шиори остида ўтказилаётган республика илмий-амалий конференцияси. - Бухоро. 2014 йил 27-28 ноябрь

11.Тиллаев Х.Р., Умбаров И.А.Эшқурбонов Ф.Б. Сурхондарё сувининг кимёвий таҳлили // «Аналитик кимё фанининг долзарб муаммолари» V- Республика илмий-амалий анжумани II қисм, Термиз. 26-28 апрель 2017 йил, - 156-157 б.

12.Тураев Х.Х., Тиллаев Х.Р., Умбаров И.А. Изменение фазового распределения содержания токсичных металлов в речных водах в зависимости от гидрологического режима // «Аналитик кимё фанининг долзарб муаммолари» V- Республика илмий-амалий анжумани II қисм, Термиз, 26-28 апрель 2017 йил–183 б.

13.Тураев Х.Х., Тиллаев Х.Р. Применение термодинамических методов изучения форм нахождения токсичные металлы в исследуемых водных объектах// «Аналитик кимё фанининг долзарб муаммолари» V- Республика илмий-амалий анжумани II қисм Термиз, 26-28 апрель2017 йил, 204 б.

14.Тиллаев Х.Р., Тураев Х.Х., Умбаров И.А. Метод изучения форм нахождения тяжелых металлов в природных водах // «Аналитик кимё фанининг долзарб муаммолари» V- Республика илмий-амалий анжумани II қисм, Термиз. 26-28 апрель2017 йил.208 б.

15.Тиллаев Х.Р., Тураев Х.Х., Умбаров И.А. Закономерности распределения и миграции тяжелых металлов в природных водах. Международная научная конференция «Наука и инновации- современные концепции»–С 84-88. Москва, 29 ноября 2019 г.

16.Тураев Х.Х., Тиллаев Х.Р., Касимов Ш.А., Чориева Н.Б. Физико-химическое состояние ртути в природных водах // Сборник тезисов XXI Менделеевского съезда по общей и прикладной химии, Т.-1. – С.321. г. Санкт-Петербург, 9-13 сентября 2019 г.

Автореферат Самарқанд давлат университетининг “СамДУ илмий тадқиқотлар ахборотномаси” журнали таҳририясида таҳрирдан ўтаказилди. (19.05.2020).

2020 йил 2 июнда таҳририй-нашриёт бўлимига қабул қилинди.  
Қоғоз бичими 60x84 1/16 "Times New Roman" гарнитураси.  
Офсет қоғози. Адади 80 нусха Буюртма № 06/3

---

СамДУ таҳририй –нашриёт бўлимида чоп этилди.  
140104, Самарқанд ш., Университет хаббони, 15