

**НАВОИЙ ДАВЛАТ КОНЧИЛИК ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.17/04.06.2021.Т.06.01
РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

НАВОИЙ ДАВЛАТ КОНЧИЛИК ИНСТИТУТИ

РАЖАББОЕВ ИБОДУЛЛА МУРОДУЛЛАЕВИЧ

**УЧҚУДУҚ УРАН ЧИҚИНДИЛАРИНИ ҚАЙТА ИШЛАШНИНГ
ФИЗИК -КИМЁВИЙ ВА ТЕХНОЛОГИК АСОСЛАРИ**

04.00.14 – Фойдали қазилмаларни бойитиш

**Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси
АВТОРЕФЕРАТИ**

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

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

**Contend of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)
of technical sciences**

Ражаббоев Ибодулла Муродуллаевич

Учкудук уран чиқиндиларини қайта ишлашнинг физик-кимёвий ва
технологик асослари..... 3

Ражаббоев Ибодулла Муродуллаевич

Физико-химические и технологические основы переработки урановых
отвалов Учкудука..... 21

Rajabboyev Ibodulla Murodullayevich

Physico-chemical and technological bases of processing of uranium dumps of
Uchkuduk..... 39

E'lon qilingan ishlar ro'yxati

Список опубликованных работ
List of published works 43

**НАВОИЙ ДАВЛАТ КОНЧИЛИК ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.17/04.06.2021.Т.06.01
РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

НАВОИЙ ДАВЛАТ КОНЧИЛИК ИНСТИТУТИ

РАЖАББОЕВ ИБОДУЛЛА МУРОДУЛЛАЕВИЧ

**УЧҚУДУҚ УРАН ЧИҚИНДИЛАРИНИ ҚАЙТА ИШЛАШНИНГ
ФИЗИК-КИМЁВИЙ ВА ТЕХНОЛОГИК АСОСЛАРИ**

04.00.14 – Фойдали қазилмаларни бойитиш

**Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси
АВТОРЕФЕРАТИ**

Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2021.2.PhD/Т2277 рақам билан рўйхатга олинган.

Докторлик диссертацияси Навоий давлат кончилиқ институтида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме) Илмий кенгашнинг веб-саҳифасида (www.ndki.uz) ва «ZiyoNet» Ахборот таълим порталида (www.ziynet.uz) жойлаштирилган.

Илмий раҳбар: **Шарафутдинов Улугбек Зиятович**
техника фанлари доктори, доцент

Расмий оппонентлар: **Муҳиддинов Баходир Фахриддинович**
кимё фанлари доктори, профессор
Курбанов Машхур Амонович
техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD)


Етакчи ташкилот: **Тошкент давлат техника университети**


Диссертация ҳимояси Навоий давлат кончилиқ институти ҳузуридаги DSc.17/04.06.2021.Т.06.01. рақамли Илмий кенгашнинг 2021 йил 27 декабр соат 16⁰⁰ даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 210100, Навоий шаҳри, Махмуд Таробий кўчаси, 72-уй. Навоий давлат кончилиқ институтининг мажлислар зали. Тел.: (79) 223-23-32; факс: (79) 223-49-66; (e-mail: info@ndki.uz).

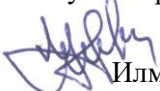
Диссертация билан Навоий давлат кончилиқ институти Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (79 рақам билан рўйхатга олинган). Манзил: 210100, Навоий шаҳри, Махмуд Таробий кўчаси, 72-уй, Тел.: (79) 223-23-32; факс: (79) 223-49-66.

Диссертация автореферати 2021 йил 14 декабр куни тарқатилди.
(2021 йил 14 декабрдаги 2 рақамли реестр баённомаси).




К. Санакулов
Илмий даражалар берувчи
Илмий кенгаш раиси, т.ф.д., профессор


О.У. Фузайлов
Илмий даражалар берувчи
Илмий кенгаш илмий котиби, техника фанлари
бўйича фалсафа доктори (PhD)


Н.А. Донияров
Илмий даражалар берувчи
Илмий кенгаш қошидаги илмий семинар
раиси, т.ф.д., доцент

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертация аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Жаҳонда урани казиб олиш усулларида бири ер остида танлаб эритиш (ЕОТЭ) усули ҳисобланади, бу эса уран саноатида капитал харажатларни 4 бараваригача камайтириш, конларнинг қурилиш вақтини қисқартириш, меҳнат унумдорлигини бир неча баробар ошириш ва шунга мувофиқ иш ўринларини оптималлаштириш орқали тайёр маҳсулот таннархини камайтириш имконини беради. Ҳозирги вақтда таркибида рангли металллар миқдори юқори бўлган руда конларининг захиралари амалда яроқсиз ҳолга келиб, мураккаб рудаларни қайта ишлашга йўналтирилмоқда ва натижада ресурс ва энергия тежамкор технологияларни қўллаб таркибида фойдали компонент бўлган техноген чиқиндиларни қайта ишлаш алоҳида аҳамият касб этади.

Дунёда чиқинди уюмларини асосий ишлаб чиқаришга қайтариш йўли билан қайта ишлаш, тайёр маҳсулотни олиш жараёнида хлорид-ион асосидаги тазйикловчиларни таъсирини ҳисобга олган ҳолда юқори сифатли сорбентлардан фойдаланиш, сорбция жараёнида урани ажратиб олиш, уран ишлаб чиқаришнинг асосий кўрсаткичларини ошириш, чиқинди уюмларини асосий ишлаб чиқаришга қайтариш йўли билан қайта ишлаш бўйича илмий изланишлар олиб борилмоқда. Бу борада, уран чиқиндиларини қайта ишлашнинг физик-кимёвий ва технологик асосларини ишлаб чиқиш, уран конлари чиқиндиларини қайта ишлашда хлорид ионларини миқдори юқори бўлган эритмалардан урани сорбциялашда анионитларни хоссасини ўрганиш, урани сорбциялаш жараёнига мавсумий паст ҳароратни таъсирини тадқиқ қилиш асосида урани ажратиб олишга алоҳида эътибор берилмоқда.

Республикамизда урани очиқ усулда казиб олганда ҳосил бўлган чиқинди уюмларини қайта ишлаш, чиқиндилардан урани танлаб эритишнинг танловчан усулини ишлаб чиқиш, урани олиш билан бирга чиқиндиларнинг атроф-муҳитга таъсирини камайтириш ва чуқур конларни ёпиб ер усти тупроқларни унумдорлигини ошириш бўйича илғор илмий асосланган чора-тадбирларни жорий қилиб, бир қатор илмий-амалий натижаларга эришилмоқда. Ўзбекистон Республикаси Президентининг Фармонида¹ «саноатни сифат жиҳатидан янги босқичга кўтариш, маҳаллий хомашё манбаларини чуқур қайта ишлаш, тайёр маҳсулот ишлаб чиқариш ва янги технологияларни жадаллаштириш...» каби муҳим вазифалар белгиланган. Ушбу вазифалардан келиб чиққан ҳолда Навоий кон-металлургия комбинатида тўпланган 3 миллион тоннадан ортиқ балансдан ташқари чиқиндихоналар чиқиндилари асосий хомашёни ишлатмасдан олиб бориш ва уларни ишлаб чиқаришга қайтариш, рекультивация эритмаларидан урани сорбциялаш жараёнида қўлланиладиган қатронларни физик-кимёвий ва технологик параметрларини ўрганиш, урани сорбциялаш учун анионитларни сақлаш ва ташишнинг технологик регламент параметрларини ишлаб чиқиш, уран рудаларини казиб олиш бўйича рекультивация

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

чиқиндилари жойлашган ҳудуддаги радиоэкологик вазиятни таҳлил қилишга қаратилган тадқиқотлар катта илмий ва амалий аҳамият касб этади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича ҳаракатлар стратегияси» тўғрисидаги Фармони, 2019 йил 23 июлдаги ПҚ-4401-сон «2020-2021-йилларда Минерал ресурслар базасини ривожлантириш ва кўпайтириш давлат дастурини амалга ошириш ва ер ости бойликларини геологик ўрганишни янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида» ва 2019 йил 4 октябрдаги ПҚ-4477-сон «Ўзбекистон Республикасининг 2019-2030 йилларга мўлжалланган «яшил» иқтисодиётга ўтиш стратегиясини тасдиқлаш тўғрисида»ги Қарорлари ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишда ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг Республика илм-фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мувофиқлиги. Мазкур тадқиқот иши республика фан ва технологияларни ривожлантиришнинг VII. «Ер тўғрисидаги фанлар (геология, геофизика, сейсмология ва минерал хомашёларни қайта ишлаш)» устувор йўналишига мувофиқ бажарилган.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Урanni қазиб олиш илм-фани ва амалиётини ЕОТЭ усули билан ривожлантиришга, уран таркибли чиқиндиларни қайта ишлаш назариясини ишлаб чиқишга Аренс В.Ж., Грабовников В.А., Гридин О.М., Есаулов В.Н., Жерин И.И., Истомин В.П., Калабин А.И., Ласкорин Б.Н., Лобанов Д.П., Лилбок Л.А., Лунев Л.И., Малухин Н.Г., Мамилов В.А., Борбат В.Ф., Маркелов С.В., Небера В.Н., Нестеров Й.В., Новик-Качан В.П., Осмоловский И.С., Абишева З.С., Петухов О.Ф., Санакулов К.С., Саттаров Г.С., Шарипов Х.Т., Толстов Е.А., Фазлуллин М.И., Хчеян Г.Х., Язиков В.Г., Alfoldi L., Anderson J.S., Matis K.A., Ritchie M.J., Salter J.D., Uayt N.P., Yannopoulos J.C., Young Zaporozek C.P., Kundler A.P. ва шу каби бошқа олимлар катта ҳисса қўшган.

Адабиёт маълумотларини таҳлил қилиш шуни кўрсатдики, ҳозирги кунга қадар ЕОТЭ жараёнини уран конларидан фойдали компонентни қазиб олиш механизмини бошқариш ва хлор иони таркибли уранли эритмаларни қайта ишлаш учун янги технология ишлаб чиқиш бу соҳада илмий ва техник асосларнинг етишмаслиги билан тўсқинлик қилди.

Шу муносабат билан, манфий ҳароратларда сорбентларни ташиш ва сақлаш учун синтетик ионитлар ёрдамида уран конларини қазиб олиш технологиясини ишлаб чиқиш орқали уран қазиб олишни жадаллаштириш, реагентлар сарфини камайтиришнинг самарали йўллари кидириш, хлорли ионлар каби тазйикловчиларнинг бу жараёнга таъсирини ўрганиш тоғ - кон саноати учун катта илмий ва амалий аҳамиятга эга ҳисобланади.

Диссертация мавзусининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Навоий давлат кончилик институтининг илмий-тадқиқот режасига мувофиқ БА-А-13-015 – «Маҳаллий реагентлар ёрдамида

уранни ер остида танлаб эритиш технологик режимини ишлаб чиқиш» мавзусидаги амалий лойиҳа доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади Учқудуқ уран конлари чиқиндиларини қайта ишлашда хлорид-ион миқдори юқори бўлган эритмалардан уранни сорбциялашда анионитларни хоссасини ҳамда уранни сорбциялаш жараёнига мавсумий паст ҳароратни таъсирини аниқлаш асосида уранни ажратиб олиш даражасини оширишдан иборат.

Тадқиқотни вазифалари:

Учқудуқ уран чиқиндиларини қайта ишлашда рекультивация эритмалари таркибида хлорид ионларини миқдори юқори бўлиш сабабларини ўрганиш;

уран чиқиндиларини қайта ишлашда уранни сорбциялаш жараёнига тазйикловчи хлорид ионларини таъсирини тадқиқ қилиш, мумкин бўлган кўрсаткичларни ўрнатиш ва мақбул анионитни танлаш;

рекультивация эритмаларидан уранни сорбциялаш жараёнида қўлланиладиган қатронларни физик-кимёвий ва технологик параметрларини ўрганиш ҳамда уларга манфий ҳароратни таъсирини тадқиқ қилиш;

уранни сорбциялаш учун анионитларни сақлаш ва ташишнинг технологик регламентларини параметрларини ишлаб чиқиш;

Учқудуқ шахри атрофида уран рудаларини қазиб олиш бўйича рекультивация чиқиндилари жойлашган ҳудуддаги радиоэкологик вазиятни таҳлил қилиш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида Учқудуқ кони баланسدан ташқари радиоактив чиқинди рудалари, модел, реал уранли эритмалар ва ионалмашув қатронлари (кучли асосли анионитлар) олинган.

Тадқиқотнинг предмети мураккаб сульфат-хлоридли эритмалардан уранни анионитлар билан ажратиб олиш бўйича тавсиялар ишлаб чиқиш ташкил этган.

Тадқиқотнинг усуллари. Тадқиқот жараёнида аналитик, графоаналитик ва статистик усуллар ёрдамида назарий тадқиқотлар, дастгоҳ ва лаборатория тажрибалари, шунингдек, руда, эритма ва қатронларни гранулометрик, кимёвий, спектрал ва рентгенологик фазали таҳлили, лаборатория ва ярим саноат тажриба синовларини математик ишлов бериш усулларида фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

Учқудуқ уран чиқиндиларини қайта ишлашда рекультивация эритмаларидаги хлоридларни нисбатан юқори миқдорда (2-2,5 г/л) бўлишлигининг сабаби уларни руда чиқиндилари ва ер ости сувлари таркибида юқори миқдорда бўлишлиги ва тўлиқ эритмага ўтиши аниқланган;

рекультивация эритмаларида хлорид ионларининг концентрацияси 0,05 моль/дм³ гача ошганда анионитларга ютилмаган катионли UO_2Cl^+ комплексларни улуши ортиши ҳисобига қатроннинг уран бўйича сифими камайишини қўшимча механизми ва хлорид ионларини рухсат этилган миқдорини технологик параметрлари ишлаб чиқилган;

Учқудуқ уран чиқиндиларини қайта ишлашда рекультивация эритмаларидан уранни сорбциялаш жараёнларида ишлатиладиган анионитларни барча физик-кимёвий ва технологик параметрлари бўйича сифат мезонлари ишлаб чиқилган ва энг яхши хоссани ВО-020 анионити намоён қилиши аниқланган;

рекультивация эритмаларидан уранни сорбцияли ажратиб олиш анионитларни сақлаш ва ташишда сувни миқдорига боғлиқлик технологик параметрлари ишлаб чиқилган;

$^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ изотоплари орасидаги $K_{\text{рм}}$ -радиоактив мувозанатни бузилиши ўрганилган ва ер ости сувлари таркиби α -спектрометр усули билан аниқланган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

хлорид ионларини миқдори $0,05$ моль/дм³ дан юқори технологик эритмалардан уранни сорбцияли ажратиб олиш бўйича технологик параметрлари ишлаб чиқилган;

юқори сорбцион кўрсаткичларни таъминловчи ВО-020 анионитини саноат амалиётига қўллаш мезони ишлаб чиқилган;

илк бор қатрон доналарини барқарорлиги бўйича 3 турдаги гранулометрик таркибга эга фракцияларга ажратилди: $0,3$ мм дан кичик доналар йилнинг қишги паст ҳароратли даврларида анча мустаҳкам бўлади ва шаклини сақлаб қолади; $0,3-0,8$ мм ўлчамдаги фракция қатронлари бу даврда синган ва ёрилган ҳолати кузатилади; $0,8$ мм дан катта ўлчамдаги фракция қатронлари бу даврда буткул синган ва ёрилган ҳолатда бўлиши аниқланган;

уран сорбциясининг технологик жараёнларида ва уларни ташишда манфий ҳароратни таъсирида ионалмашувчи қатронларни механик хусусиятларини камайишини ҳисобга олган ҳолда технологик регламентлар ишлаб чиқилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги назарий ва экспериментал тадқиқотлар натижаларини мос келиши, уран чиқиндиларини қайта ишлаш бўйича ишнинг асосий ғоясининг қониқарли мувофиқлиги ва миқдорий тасдиқланганлиги ҳамда уран сорбциясининг технологик жараёнларида қўллашнинг сезиларли ижобий натижалари, лаборатория ва саноат тажрибаларининг ижобий далолатномалари, шунингдек, кенг қўламли ўтказилган лаборатория ва саноат тажрибаларининг нисбатан кўп ҳажми билан исботланган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги кенг қўламли кенг миқёсда лаборатория тадқиқотлари, саноат-синов тадқиқотлари натижалари, ишлаб чиқилган хлорид-ион миқдори юқори бўлган рекультивация эритмаларидан уранни ажратиб олиш ва анионитларни сақлаш ва ташишда сувни миқдорига боғлиқлик технологик параметрларидан фойдаланиш натижасида уранни ажралиши ва қатронларни қайта ишлатилишини ортиши, шунингдек экспериментал ва саноат синовларининг ижобий далолатномалари орқали исботланган.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти назарий умумлаштириш асосида олинган уран кони чиқиндиларидан уранни ажратиб олишга таъсир қилувчи омилларни аниқлаш ва уран таркибли чиқиндиларни ишлов беришни илмий асосларини ишлаб чиқиш, уранни сорбциялаш ва тайёрлаш жараёнларини жадаллаштириш, жараённи мавсумий манфий ҳароратни ва тазйиқловчилар таъсирини физик-кимёвий ва технологик тадқиқ қилиш билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти НКМК уран рекультивация чиқиндилардан уранни ажратиб олиш билан тавсифланади, бу эса минтақа экологиясига салбий таъсирни сезиларли даражада камайтиради ва рентабелликка эришишга хизмат қилади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Навоий кон-металлургия комбинатида Учкудуқ уран чиқиндиларини қайта ишлашда рекультивация эритмларидан уранни ажратиб олиш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

уран ишлаб чиқаришнинг такомиллаштирилган технологияси Шимолий кон бошқармаси геотехнологик конининг уран таркибли чиқиндиларни қайта ишлаш бўлимида амалиётга жорий этилган (Навоий кон-металлургия комбинатининг 2021 йил 6 апрелдаги 02-06-07/3689-сон маълумотномаси). Натижада, балансдан ташқари уран таркибли чиқиндилардан уранни юқори миқдорда ажратиб олиш даражасига эришиш имконини берган;

уран сорбциясининг технологик жараёнларида ва уларни ташишда ионалмашувчи қатронлар сифатига манфий ҳароратни таъсирида қатроннинг механик хусусиятларини камайишини ҳисобга олган ҳолда технологик регламентлари Шимолий кон бошқармаси геотехнологик конида амалиётга жорий этилган (Навоий кон-металлургия комбинатининг 2021 йил 6 апрелдаги 02-06-07/3689-сон маълумотномаси). Натижада, мавсумий паст (манфий) ҳароратларда ионалмашувчи қатронларнинг музлашини олдини олиш ва уларни технологик жараёнларда қайта ишлатилишини ошишига эришиш имконини берган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Мазкур тадқиқотнинг натижалари 5 та республика ва 2 та халқаро илмий-амалий анжуманларда апробациядан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилиниши. Диссертация мавзуси бўйича жами 17 та илмий ишлар чоп этилган, шулардан Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг докторлик диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этиш учун тавсия этилган илмий нашрларда 6 та, жумладан, Республика нашрларида 3 та ва хорижий журналларда 3 та мақола нашр этилган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертациянинг таркиби кириш, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 113 бетни ташкил этган.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида тадқиқотнинг аҳамияти ва долзарблигини асосланган, тадқиқотнинг мақсади ва вазифалари, объекти ва предмети аниқланган, тадқиқот ишининг Республикада фан ва технологияларни ривожлантиришнинг муҳим йўналишларига мослиги кўрсатилган ҳамда тадқиқотнинг илмий янгилиги, натижаларнинг ишончлилиги, назарий ва амалий аҳамияти, натижаларнинг амалиётга жорий этилиши, эълон қилинганлиги, ишнинг тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг **«Қайта ишлашга йўналтирилган рудаларни бойитишнинг кескин ёмонлашиш шароитида урanni қазиб олиш технологиясининг ҳозирги ҳолатини таҳлил қилиш»** деб номланган биринчи бобда комплекс қайта ишлашнинг замонавий аҳволининг таҳлили ва кон-металлургия саноати чиқиндиларини қайта ишлашнинг ривожланиш тенденциялари келтирилган.

Замонавий дунёдаги илмий ва технологик тараққиёт табиий ресурслар сарфининг кескин ўсиши ва саноат ишлаб чиқаришда ҳосил бўладиган чиқиндиларнинг бир вақтнинг ўзида кўпайиши билан бирга, улардан оқилона фойдаланиш муаммоси саноат ишлаб чиқариш самарадорлиги, атроф-муҳитни муҳофаза қилиш ва чиқиндилардан фойдаланиш соҳасидаги янги ўзгаришлар билан чамбарчас боғлиқ. Ривожланган мамлакатларда чиқиндилардан фойдаланиш учун қўлланиладиган технологияларни 90-95% чиқиндихоналарга йўналтиришга мўлжалланган ёки мавжуд металлургик корхоналарда фойдаланиш самарасиз бўлиб, асосий камчилиги қимматбаҳо элементларни чанг ва газ чиқиндилари билан чиқиб кетиши ҳисобланади. Бундан ташқари, чиқинди ва чиқиндихоналар муҳим ер жойларини ажратишни талаб қилади ва атроф-муҳитнинг экологик вазиятини бузади.

Диссертациянинг **«Учқудуқ уран чиқиндиларини қайта ишлаш технологиясини тадқиқот объекти ва усулларини танлаш»** деб номланган иккинчи бобда тадқиқот объекти сифатида Учқудуқ уран чиқиндилари намуналарини кимёвий ва минералогик таҳлили ва рекультивация эритмалари таркибида тазйикловчи хлорид ионларини миқдорини юқори бўлиш сабаблари келтирилган.

Ўзбекистонда уран таркибли конларни қазиб олиш ва қайта ишлашнинг асосий усуллари яқин вақтлардан (XX асрнинг 90-йиллар бошидан) ер остида ва очик кон усулида рудаларни қазиб олиш ва уларни гидрометаллургик қайта ишлаш бошланди. 1958-1991 йиллар давомида Учқудуқ конида очик усулда рудаларни қазиб олиш натижасида урanni ўртача миқдори 200 г/т, умумий ҳажми 1,4 млн м³ ёки 2,25 млн т бўлган 23 та балансдан ташқари радиоактив кон чиқинди уюмлари тўпланди.

Охири юз йилликнинг 10-йилларигача кон чиқиндилари қайта ишланмади. Ишлаб чиқилган ва тадбиқ қилинган схема қайта рекультивация эритмаларидан урanni нисбатан самарали ажратиб олиш, қайта ишлаш натижасида ионалмашув қатронларини йилнинг паст ҳароратли даврларида

тезлик билан ўзгариши натижасида механик мустаҳкамлигини пасайиши билан боғлиқ муаммоларни ечишни кўрсатди.

Олиб борилган тадқиқотлар натижалари шуни кўрсатадики, рекультивация эритмаларидаги хлоридларни нисбатан юқори миқдорда (2-2,5 г/л) бўлишлигининг сабаби уларни руда чиқиндилари таркибида ва ер ости сувлари таркибида юқори миқдорда бўлишлиги ва тўлиқ эритмага ўтиши ҳисобланади.

Диссертация ишининг асосида радиоактив металлларни танлаб эритиш усулларини ўрганиш, чўктиришнинг турли усуллари ва сорбция жараёнларини ўрганиш ётади. Ишда замонавий физик-механик, кимёвий ва физик-кимёвий тадқиқот (рентгенофаза таҳлил, атом-эмиссион таҳлил, масса-спектрал таҳлил, электрон микроскопия) усулларидан фойдаланилди.

Диссертациянинг «**Хлорид ионларини миқдори юқори бўлган сульфатли эритмалардан урани сорбцияли ажратиш олишни тадқиқ қилиш**» деб номланган учинчи бобда Навоий кон-металлургия комбинатининг хлор ионларининг миқдори юқори бўлган рекультивация эритмалардан урани сорбциялаш жараёни амалиёти ва унда қўлланиладиган қатронлар таҳлил қилинган.

Хлоридлар сув ва сульфат кислота билан яхши танлаб эритилади. Танлаб эритиш биринчи 5 минут ичида жуда юқори тезликда рўй беради. Уран сувда эримайди, лекин сульфат кислота билан 60 минутда 89% гача эритмага ўтади.

Урани сорбциялаш ишчи ҳолатга келтирилган ионитлар билан амалга оширилиб, бу жараён шароитлар, яъни технологик эритмаларни таркибига боғлиқ бўлади. Шундай қилиб, урани сульфат кислотали эритмалардан ажратиш олишда ионитлар SO_4^{2-} -формага ўтади. Урани аралаш сульфат-хлорид эритмаларидан сорбциялаш учун SO_4^{2-} формадаги ионитлар каби, Cl^- шаклидаги ионитлардан ҳам фойдаланиш мумкин.

Тадқиқотлар мураккаб сульфат- хлорид эритмаларидан урани ажратиш олишда ионитни ишчи формасини уни уран бўйича сиғимига таъсирини аниқлашга йўналтирилди. Тадқиқотлар статик режимда таркибида $[\text{SO}_4^{2-}] = 20$ г/л ва $[\text{U}] = 28,6$ мг/дм³, $[\text{Cl}^-] = 0-0,05$ моль/дм³, $\text{pH} = 1,8$ бўлган модел эритмаларда қатрон билан эритмани ҳажмий нисбати $V_{\text{кат.}} : V_{\text{эрит.}} = 1:1000$ бўлган ҳолда, ҳарорат $t = 25^\circ\text{C}$ да олиб борилди. Тажриба натижалари 1-жадвалда келтирилган.

Олинган маълумотларга кўра статик шароитда ионитларнинг алмашинув сиғими қуйидаги қатор бўйича ортади:



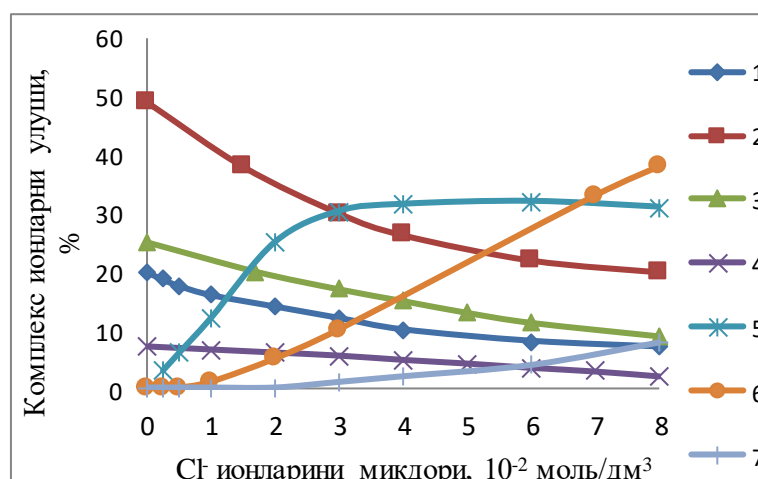
Технологик эритмаларда хлорид ионларининг бўлиши, кутилганидек, анионитлар билан Cl^- сорбциясининг рақобат жараёни туфайли истисносиз барча ионитларнинг уран бўйича ҳажмий хусусиятларининг пасайишига олиб келди.

Хлоридларни сорбция жараёнига қўшимча рақобатлашишига эритмаларда сульфат-хлоридли комплексларни ҳосил бўлиши ҳисобига урани сорбциялашни пасайиш механизми ўрганилди.

Технологик эритмалардан урани сорбциялашда статик алмашув сиғимига хлорид ионлари ва ионитларнинг формасини таъсири

№	Ионитни маркаси	Ионитнинг формаси	САС ($[Cl^-]=0,05$ моль/дм ³ бўлганда)		САС ($[Cl^-]=0$ моль/дм ³ бўлганда)	
			кг/м ³	кг/т	кг/м ³	кг/т
1.	АМП	SO ₄ ²⁻	3,10	8,37	14,67	34,26
		Cl ⁻	3,03	8,2	–	–
2.	Purolite A-606	SO ₄ ²⁻	6,15	15,37	17,90	45,55
		Cl ⁻	8,3	20,75	–	–
3.	BO-020	SO ₄ ²⁻	12,15	34,02	19,55	48,87
		Cl ⁻	13,97	39,11	–	–
4.	Dowex-1	SO ₄ ²⁻	4,76	16,66	13,8	32,31
		Cl ⁻	6,42	22,47	–	–

1-расмда технологик эритмалардаги хлорид ионлари концентрациясига боғлиқ равишда урани ион формасини тақсимланиш графиги келтирилган.



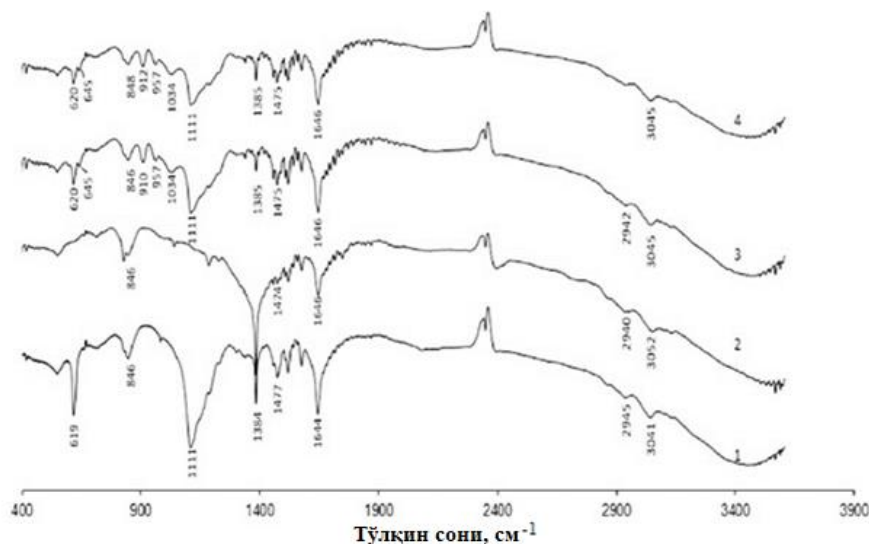
1 – UO₂²⁺; 2 – UO₂SO₄; 3 – [UO₂(SO₄)₂]²⁻; 4 – [UO₂(SO₄)₃]⁴⁻;
5 – UO₂Cl⁺; 6 – UO₂Cl₂⁻; 7 – [UO₂Cl₃]⁻

1-расм. Рекультивация эритмаларидан урани ажратиб олиш даражасига хлорид ионлари формасини боғлиқлиги

Ионли формаларнинг жойлашиш диаграммасида эритмада хлорид ионларининг концентрацияси 0,05 моль/дм³ гача ошганда анионитларга ютилмаган катионли UO₂Cl⁺ комплексларни улуши ортади, бу эса ионитнинг уран бўйича сиғимининг камайишига олиб келади.

Винилпиридинли BO-020 ионити мисолида ИК спектрометрия усули билан урани сорбциясини пасайиш механизми тадқиқ қилинди. Олинган SO₄²⁻ ва Cl⁻ ишчи формадаги ионит намуналарининг ютилиш спектрлари 0,05 моль/дм³ хлорид ионли концентрацияли сульфат кислота эритмаларидан урани сорбциялашдан олдин ва кейин олинган (2-расм).

Тадқиқ қилинган барча тўрт намунадаги спектрларда ионит матритсадаги атомлараро боғланишларнинг тебранишларига ва функционал гуруҳларга хос ютилиш чўққилари мавжуд. Шундай қилиб, 3045 см^{-1} соҳада ютилиш чўққисига ароматик ҳалқанинг С-Н боғининг валент тебранишлари сабаб бўлади. 2940 см^{-1} да кучсиз ютилиш чўққисига алифатик углеводородларнинг С-Н боғидаги валент тебранишлари сабаб бўлади.



Соорбциягача:
 1 – SO_4^{2-} кўринишда;
 2 – Cl^- кўринишда.
 Сорбциядан кейин:
 3 – SO_4^{2-} кўринишда;
 4 – Cl^- кўринишда

2-расм. ВО-020 ионити мисолида уран сорбциясини пасайиш механизмининг ИК спектрлари

646 см^{-1} ва 1477 см^{-1} минтақадаги чўққилар мос равишда $\text{C}=\text{C}$ ва $\text{C}=\text{K}$ бензол ҳалқасининг валент тебранишларидан келиб чиқади. 1384 см^{-1} ва 846 см^{-1} тўлқин сонлари бўлган чўққилар С-Н винил боғининг текисликка ва текисликдан ташқари деформацион тебранишларига мос келади. Сорбциядан олдинги SO_4^{2-} - ишчи формадаги ионит намунасининг ютилиш спектри (2-расм 1-тўлқин) $[\text{SO}_4]^{2-}$ гуруҳини асимметрик уч марта бузилиши тебранишлари оқибатида 619 ва 1111 см^{-1} доирасида чўққиларни борлиги билан тавсифланади. Спектрда ионит Cl^- ишчи формасида (2-расм, 2-тўлқин).

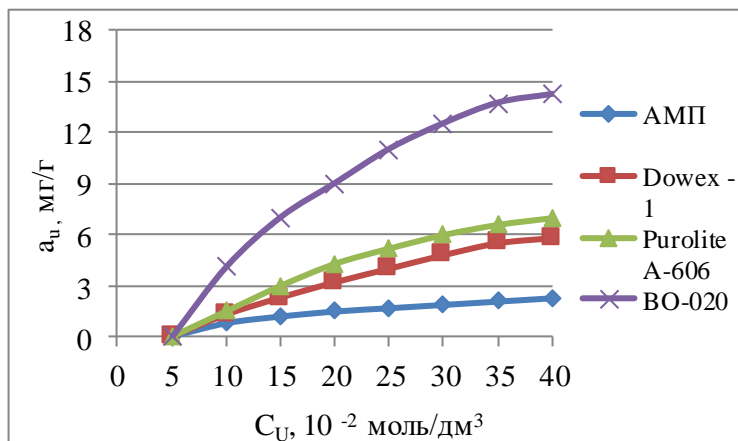
Уранни сульфат-хлорид эритмасидан сорбциялагандан кейин $[\text{SO}_4]^{2-}$ гуруҳи асимметрик учламчи бузилиш тебранишларига мос келувчи Cl^- кўринишидаги ВО-020 ионит намунасининг спектрида 620 , 1034 ва 1111 см^{-1} номерли тўлқин чўққилар пайдо бўлади (2-расм, 4-тўлқин). Бу эса ўрганилаётган ионит бўйича уранни сорбциялаш фақат сульфат комплекси кўринишида амалга ошганлигини кўрсатади, мусбат зарядли хлорид комплекси кўринишидаги уранни сорбцияламайди.

$[\text{Cl}^-]=0,05$ моль/ дм^3 концентрациясида уранни сорбциялаш изотермаси спектри олинди (3-расм). ВО-020 ионити билан уранни сорбциялашнинг изотермаси бошқа изотермалардан юқори бўлиб, у тўртламчи аммоний асосларига нисбатан винилпиридин функционал гуруҳларининг уранга нисбатан кўпроқ яқинлигини кўрсатади.

Сорбция кинетикаси статик режимда қатрон билан эритмани ҳажмий нисбатлари $V_{\text{катр.}} : V_{\text{эрит.}} = 1:1000$, ҳарорат 25°C да эритманинг муҳити $\text{pH}=1,8$, $[\text{SO}_4^{2-}]=20$ г/л ва $[\text{U}]=28,6$ мг/ дм^3 , хлорни миқдори $0,05$ моль/ дм^3 бўлган модел эритмада тадқиқ қилинди. 4-расмда ионитлар билан уранни

сорбциялашнинг эгри чизиклари келтирилган, системада мувозанат учун ВО-020 анионити кинетика бўйича энг яхши хусусиятни кўрсатади, унинг системада мувозанат қарор топиши 18 соатни, АМП эса 24 соатни ташкил қилди.

Бундан ташқари турли хил уран таркибли чиқинди уюмларини қайта ишлаш реал эритмаларидан уранни сорбциялаш бўйича тадқиқотлар олиб борилди. Олинган реал эритмалар 8-очик кондан олинган намуналар сульфат кислота эритмаси ($pH = 1,0$) билан ишлов бериш йўли билан олиб борилди.



3-расм. Хлорид ионларининг концентрацияси 0,05 моль/дм³ бўлган эритмадан SO₄²⁻-формадаги қатрон билан уранни сорбциялаш изотермаси графиклари, қатрон таркибидаги уранни миқдорига эритма таркибидаги хлор ионларини миқдорини боғлиқлиги

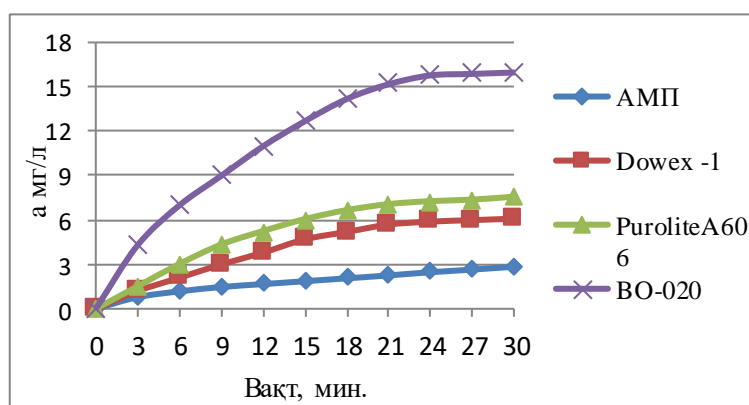
Қатронларни тўлиқ динамик алмашув сиғими (ТДАС) аниқланди (сорбцияда уранни тўлиқ кўчиши) 2-жадвал. Олинган маълумотлардан аниқ бўлдики қатронларни уран бўйича ТДАС қуйидаги қатор бўйича ошади:

$$\text{Dowex-1} < \text{АМП} < \text{Purolite A-606} < \text{ВО-020}.$$

2-жадвал

Сульфат-хлоридли эритмалардан уранни ажратиб олишда ионитларни ТДАС қийматлари

Ионит	ВО - 020	Purolite A606	Dowex -1	АМП
ТДАС, кг/м ³	58,75	47,00	31,33	37,28



4-расм. Хлорид ионларини концентрацияси 0,05 моль/дм³ бўлган сульфат – хлоридли эритмалардан уранни сорбциялашни кинетик графиклари

Металлни танлаб эритиш ва кейин ВО-020 анионити билан уранни сорбциялаш натижалари 3-жадвалда келтирилган.

Cl 1775 мг/л (0,05 моль/дм³) концентрациясида металлни сорбциялаш натижалари

Балансдан ташқари руда намуналари	Танлаб эритишда H ₂ SO ₄ концентрацияси, г/л	Танлаб эритиш ва сорбциялаш натижалари			
		Охирги рН	Қаттиқ чиқиндидаг и [U], %	Эритмадаги [U], мг/л	Анионитни сифими, мг/г
8-сон чиқинди уюми, [U]=0,024%	30,0	1,0	0,036	88	9,0
	15,0	1,4	0,039	67	18,2
	8,0	3,0	0,0100	40	22,5

3-жадвал натижаларида кўришиб тургандек, 8-конни балансдан ташқари рудаларини сульфат кислотали танлаб эритиш, бошланғич эритманинг мухитини рН=1,0 қийматда ушлаб туришни талаб этади, бунда хлорид ионларининг мувозанат концентрацияси [Cl]=1775 мг/л. Эритмадан урanni BO-020 анионити билан сорбциялашда қатронни тўйиниши бўйича ижобий натижаларни таъминлайди.

Диссертациянинг «Балансдан ташқари уран таркибли чиқинди рекультивация қилиш технологияси ва унда ишлатиладиган ионалмашув қатронларини технологик кўрсаткичларини тадқиқ қилиш» деб номланган тўртинчи бобда рекультивация эритмаларидан урanni ажратиб олиш технологияси, унда ишлатиладиган қатронларни физик-кимёвий ва технологик хусусиятлари, Учқудуқ шаҳри атрофидаги уран рудаларини қазиб олувчи корхоналар жойлашган худуд яқинидаги саноат майдонларини радиацион экологик ҳолати натижалари келтирилган.

Анионитларни самарадорлигини баҳолаш учун қуйидаги I – гранулометриқ таркиби; II – механик мустаҳкамлиги; III – ионитларни ғоваклик ҳажми; IV – ионитларни зичлиги; V – танловчанлик хусусияти; VI – регенерацияланиш даражаси мезонларидан фойдаланилди.

Қатронларнинг сифатини аниқлаш учун эгаллаган ўринлар жамланиб, мумкин бўлган қийматдан (100%) олинади. Тадқиқот натижалари 4-жадвалда келтирилган.

Ионалмашув қатронларининг сифат қатори

	Ионит маркаси	I-VI мезонлари бўйича ўрни						Жами пунктлар	Қатордаги ўрни
		I	II	III	IV	V	VI		
1.	BO-020	1	2	1	5	1	4	14	1
2.	АМП	2	1	2	2	4	6	17	2
3.	BD-706	3	4	8	6	3	1	25	3
4.	Resinacs	4	7	4	1	2	7	25	4
5.	Amberlite IRA-120	6	6	6	3	6	2	29	5
6.	Tulsion	7	5	5	4	5	5	31	6
7.	Purolite A-606	5	3	7	7	7	3	32	7
8.	Dowex 1	6	8	3	8	8	8	41	8

Танланган мезонларга кўра (гранулометрик таркиби, механик мустаҳкамлиги, ионитларни умумий ғоваклик ҳажми, ионитларни зичлиги, танловчанлик хусусияти, регенерацияланиш даражаси) қатронларнинг сифати қуйидаги кетма-кетликка эга бўлган қийматлари билан аниқланди: ВО-020 > АМП > BD-706 > Resinacs > Amberlite IRA-120 > Tulsion 3663 > Purolite A-606 > Dowex-1.

Синтетик ионитларни қўлланилишини кенгайтириш сорбентларни манфий ҳароратда ташиш ва сақлаш муаммосини кескин оширади, бу эса ионалмашувчи қатронлари доналарида маълум қайтарилмас ўзгаришлар (криодеструкция)га олиб келади. Бу ҳодисанинг асосий сабаби совуш вақтида доналар ичида сувни ўзига хос хусусияти ҳисобланади.

Ионалмашувчи қатрон заррачаларининг дастлабки донадор ҳолати криодеструкция жараёнларида муҳим рол ўйнайди. Физик нуқсонсиз ионит заррачасига улардаги эркин сув музлаганда ва эриганда содир бўладиган кучланишлар хавfli эмас.

Бирок, бу тахмин фақат маълум чегараларгача амал қилади. Ҳақиқатан ҳам, 5-жадвалда кўриниб тургандек ВО-020, Amberlite IRA-120 ва АМП анионитларнинг механик мустаҳкамлиги ва гранулометрик таркиби бўйича, микроскоп майдонида кўзга кўринадиган нуқсонларга эга бўлмаган (I), битта нуқсонга эга (II) ва бир неча нуқсонларга эга (III) $-18,2^{\circ}\text{C}$ гача музлатилгандан кейин бир сутка давомида ушлаб туриш ва ундан кейин 24 соат давомида $+20^{\circ}\text{C}$ ҳароратда муздан эритиш сезиларли даражада фарк қилади.

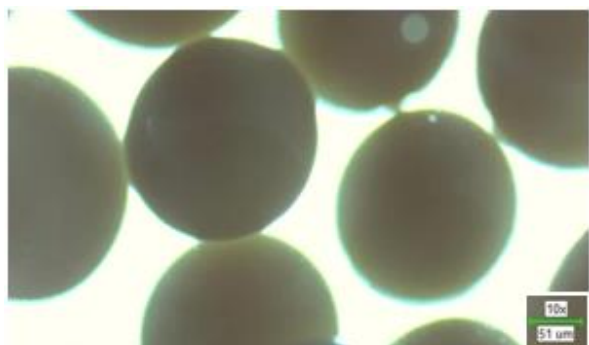
5-жадвал

Музлагандан сўнг бир қанча қатронларининг хоссаларини ўзгариш натижалари

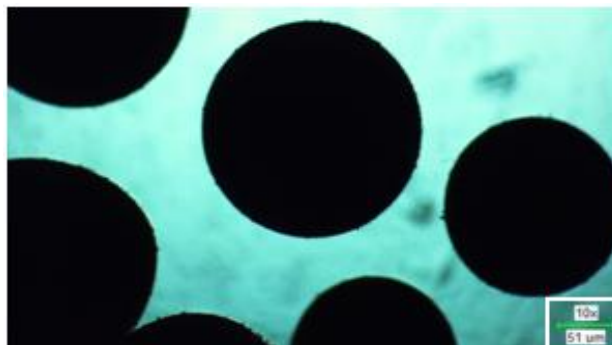
Қатрон	Намуна	Механик мустаҳкамлик, %		Қатрон донасини ўртача диаметри, мм	
		Синовгача	Синовдан кейин	Синовгача	Синовдан кейин
А-606	I	99,5	84,0	0,85	0,75
	II	97,5	81,0		0,65
	III	92,0	77,0		0,60
	IV	97,5	83,0		0,70
АМП	I	99,5	81,5	0,85	0,65
	II	98,0	76,5		0,55
	III	90,5	73,0		0,45
	IV	98,0	78,0		0,60
ВО-020	I	100	86,5	0,95	0,85
	II	99,0	83,5		0,75
	III	98,0	81,0		0,70
	IV	99,5	85,0		0,80

Биз $-18,2^{\circ}\text{C}$ ҳароратда музлашгача ва музлашдан кейинг ионалмашув қатронни ҳолатини тасвирга олдик. ВО-020 маркали ионалмашувчи

қатронларнинг ҳолатлари ичига видеокамера ўрнатилиб, бинокуляр рақамли микроскоп ёрдамида ўрганилди. Натижалар 5 ва 6-расмларда кўрсатилган.



5-расм. WO-020 анионити доналарини музламаган ҳолатдаги кўриниши



6-расм. Уранга тўйинган WO-020 анионити доналарини музлатилгандан (-18,2°C ҳароратда) сўнг кўриниши

Тадқиқотларда олинган натижаларга асосланиб ионит механик мустаҳкамлигини сақлаб қолиш учун уни паст ҳароратда сақлаш ва ташиш (қишки мавсумда) вақтида сувни максимал даражада йўқотиш зарур.

Дон барқарорлиги билан кескин фарқ қиладиган учта гранулометрик фракцияни ажратиш имконини берадиган кузатишлар диққатга сазовордир: 0,3 мм дан кичик бўлган бир қатор маҳаллий ва хорижий ионитларнинг фракциялари энг барқарор ва фақат музлаш вақтида бутун доналардан иборат бўлади; 0,3-0,8 мм фракцияси бутун доналарга кўшимча равишда майдаланган ва ёрилган доналарни ўз ичига олади; 0,8 мм дан катта фракция эга доналар энг кам бардошли ва бутунлай ёрилган гранулалардан иборат бўлади. Заррачаларнинг диаметрини ортиши билан ички кучланишлар ҳам ортиб, доначаларнинг бузилишига олиб келади.

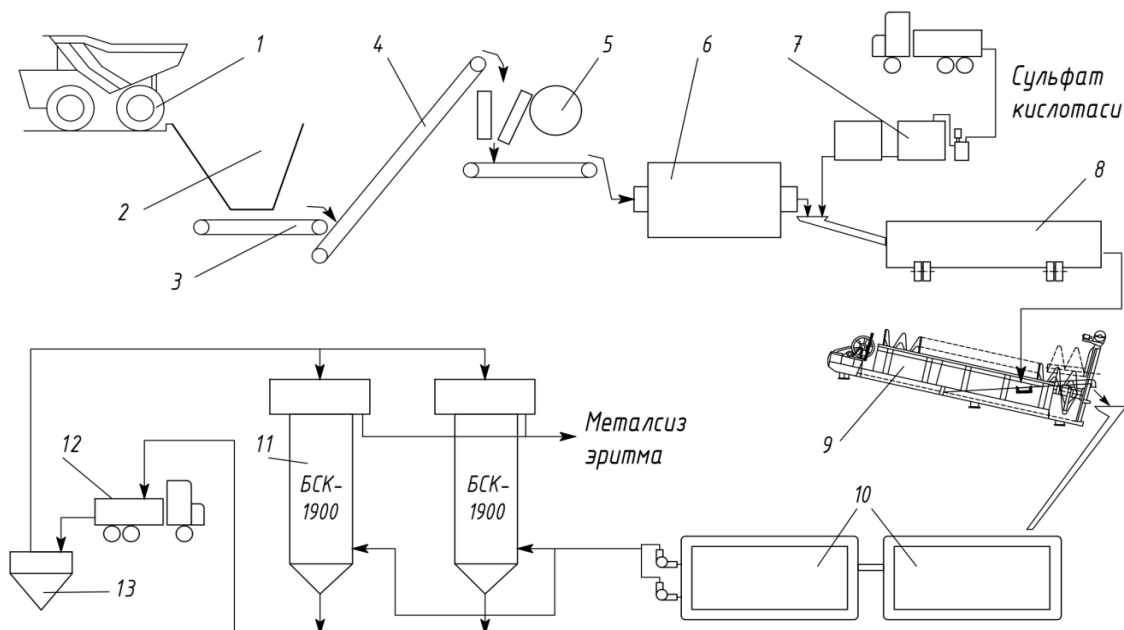
Инсонларга радиацион таъсир кўрсатгичларини ҳисоблаш натижалари асосида урани қазиб олиш ва қайта ишлаш корхонасига туташ ҳудудлар учун ионлантирувчи нурлар таъсиридан атроф-муҳитни ҳимоя қилиш антропоцентрик қўллаш имкониятини таҳлил қилиш амалга оширилди. Ишлаб чиқилган технология бўйича чиқиндиларни қайта ишлаш натижасида қаттиқ фазадаги урани миқдори 200-400 г/т дан 5-20 г/т гача камаяди, гамма –фаолликни ўртача миқдори 0,46 мкЗ/с гача, жами алфа фаолликни ўртача миқдори 15,0 кБк/кг гача.

«Таркибида уран бўлган кум уюмларини қайта ишлаш» бўлими технологик эритмалардан урани сорбцияли ажратиб олишни технологик схемаси НКМК мутахассислари билан ҳамкорликда ишлаб чиқилди ва амалиётга жорий қилинди.

Уран таркибли чиқиндиларни қайта ишлаш жараёни 7-расмда кўрсатилган дастгоҳларнинг занжир схемаси бўйича амалга оширилди.

Қайта ишланувчи уран таркибли чиқиндилар автосамосваллар, юклагичлар ёки осма ускуналар тракторлар орқали қабул қилувчи бункерга берилади.

Йириклиги – 350 мм бўлган дастлабки руда қабул қилувчи бункерга, сўнгра лентали таъминлагичга (25 т/соат) сўнг руда лентали конвейерга орқали ўрта майдаловчи жағли майдалагичга (ЎЖМ-110) берилади. –100 мм ўлчамгача майдаланган руда, рудани қайта ишлаш ҳажмини назорат қилиш учун электрон тарозига кейин панжарали шарли тегирмон (МШР 21х22) га тушади.



- 1 – автосамосвал; 2 – қабул қилувчи бункер; 3 – лентали таъминлагич;
 4 — лентали конвейер; 5 – ЎЖМ-110 русумли жағли майдалагич;
 6 – ПШТ 21х22 русумли шарли тегирмон; 7 – кислота сиғими;
 8 – скруббер-бутара; 9 – 1КСП-1,5 русумли спирал шаклли классификатор;
 10 – тиндириш карталари; 11 – БСК-1700 русумли босимли сорбция колоннаси;
 12 – қатрон транспорти; 13 – тўйинган қатронни йиғувчи идиш

7-расм. «Уран таркибли чиқиндиларни қайта ишлаш» бўлимининг дастгоҳлар занжир схемаси

Дастлабки руданинг йириклиги ва қаттиқлигини ошиши тегирмоннинг ортиқча юкланишига ва унинг унумдорлигининг пасайишига олиб келади. Руданинг йириклигини камайиши билан тегирмоннинг унумдорлиги ортади, бу эса шар ва электр энергиянинг солиштирма сарфини камайишига олиб келади.

Тегирмонни бўшатишда бўтананинг зичлигини ошиши бўтана қовушқоқлигини ошишига ва уни бўшатишда қийинчиликка олиб келади. Бўтананинг зичлигини камайиши унинг ҳаракат тезлигининг ошишига ва шунга мос равишда тегирмонда руданинг туриш вақтининг ва янчилиш даражасининг камайишига олиб келади. Тегирмонни руда ва шарлар билан тўлишининг мақбул даражаси 35-40% ҳисобланади. Тўлиш даражасини ошиши тегирмонга ортиқча юкламага олиб келади, чала юклашни пасайиши, ишлаб чиқариш унумдорлигини пасайиши кузатилади. Бўшатувчи туйнук панжарасини ўлчами -18 ± 2 мм ташкил этади. Бўтананинг зичлигини камайиши унинг ҳаракат тезлигининг ошишига ва шунга мос равишда

тегирмонда руданинг туриш вақтининг ва янчилиш даражасининг камайишига олиб келади.

Техник сувни ҳажми 30 м³/соат, сульфат кислотанинг 10-15 г/л эритмаси берилади. Кейин аралашган маҳсулот скруббер қувурчаси орқали 1КСП-1,5 туридаги спиралли классификатор ишлатилади.

Танлаб эритилган бўтана новлар орқали тиндириш картасига туширилади. Кейин комплекс эритма босимли сорбция қурилмаси (БСК) га юборилади. 8-расмда «Уран таркибли чиқиндиларни қайта ишлаш» бўлимнинг босимли сорбция колоннаси келтирилган.



8-расм. Босимли сорбция колоннаси

Навоий КМК саноати шароитида эритмаларни қайта ишлашда жорий этилган янги технологик схема ва таклиф этилган дастгоҳларни занжир схемаси йилнинг совуқ вақтида манфий ҳароратларни таъсирини ҳисобга олиш ҳамда сорбциялаш жараёнида Cl^- ионларини концентрациясини назорат қилиш ҳисобланади. Амалга оширилган ишлар натижалари мавжуд бўлимнинг технологик регламентига киритилган.

ХУЛОСА

«Учқудук уран чиқиндиларини қайта ишлашнинг физик-кимёвий ва технологик асослари» мавзусида техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси бўйича олиб борилган тадқиқотлар натижасида назарий ва амалий аҳамиятга эга бўлган қуйидаги хулосалар тақдим этилди:

1. Юқори таркибли хлорид ионларидан иборат рекультивация эритмалардан уранни ажратиб олишда турли хил қатронларнинг сорбцион хоссалари ўрганилди. Бунга кўра, ишлаб чиқаришга энг яхши сорбцион хоссани намоён қилган кенг ғовакли ВО-020 анионити тавсия қилинади.

2. Уран сорбциясининг мувозанати сорбция изотермаси ўрнатилди, уранни ажратиб олиш жараёни қатрон доналарининг ички диффузияси лимитланади.

3. Танланган меъзонларга кўра (гранулометрик таркиби, механик мустаҳкамлиги, қатронларни ғоваклик ҳажми, ионитларни зичлиги, танловчанлик хусусияти, уранни регенерациялаш даражаси) ионитларни сифати аниқланди, миқдори бўйича қуйидаги қаторга эга: ВО-020 > АМП > ВD-706 > Resinacs > Amberlite IRA-120 > Tulsion 3663 > Purolite A-606 > Dowex-1 қатронлари ташкил қилди.

4. Қатрон доналарини барқарорлиги бўйича 3 турдаги гранулометрик таркибга эга фракцияларга ажратилди: 0,3 мм дан кичик доналар йилнинг қишги паст ҳароратли даврларида анча мустаҳкам бўлади ва шаклини сақлаб қолади; 0,3-0,8 мм ўлчамдаги фракция қатронлари бу даврда синган ва ёрилган ҳолати кузатилади; 0,8 мм дан катта ўлчамдаги фракция қатронлари бу даврда буткул синган ва ёрилган ҳолатда бўлади. Ўлчами 0,3 мм дан кичик бўлган бир қатор қатронларнинг синфлари энг барқарор ва фақат музлаш вақтида бутун доналарни намоён қилди ва музлатиш пайтида бутун доналардан иборат, ионалмашув технологиясида кичик қатронлар синфларидан фойдаланиш тавсия этилади.

5. Музлаш жараёни қонуниятларига асосан ионалмашувчи жараёнларни олиб боришда синтетик қатронларни манфий ҳароратга чидамлилиқ хусусиятига боғлиқ. Бунда қатрон ғовакларининг ҳажми кичик бўлганда манфий ҳароратни таъсири камаяди.

6. Навоий кон-металлургия комбинати уран ишлаб чиқариш саноат объектларида ишчи шахслар ва Учқудук шаҳри аҳоли яшаш жойларида аҳоли учун Ўзбекистон Республикаси СанЕНМда ўрнатилган самарали йиллик меъёрлардан ошмайди.

7. Рекультивация эритмалари таркибидаги хлорид ионларини миқдори юқори бўлиш сабаблари аниқланди ва сульфат-хлорид эритмаларидан ажратиб олишда уранга нисбати бўйича турли хил ионитларнинг сорбцион тавсифлари – статик алмашув сифими (САС), тўлиқ динамик алмашув сифими (ТДАС) қийматлари аниқланди, сорбцион изотермалар ва сорбцияни кинетик эгри чизиқлари қурилди ва тавсифланган.

8. Хлорид ионларини миқдори юқори бўлган сульфатли эритмалардан уранни сорбцияли ажратиб олиш технологиясини ишлаб чиқилган.

9. Уран таркибли чиқиндиларни рекультивация бўлимида уранни ишлаб чиқаришнинг мукамал технологияси, уранни сорбциялашнинг технологик жараёнларида ва уларни ташишда ионалмашувчи қатронлар сифатига манфий ҳароратни таъсири этиши бўйича ишлар ишлаб чиқилган.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.17/04.06.2021.Т.06.01
ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ
НАВОЙСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ ГОРНОМ ИНСТИТУТЕ**

НАВОЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ

РАЖАББОВЕВ ИБОДУЛЛА МУРОДУЛЛАЕВИЧ

**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ
ПЕРЕРАБОТКИ УРАНОВЫХ ОТВАЛОВ УЧКУДУКА**

04.00.14 – Обогащение полезных ископаемых

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации доктора философии по техническим наукам (PhD)

Навои – 2021

Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за №В2021.2.PhD/T2277.

Диссертация выполнена в Навоийском государственном горном институте.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице научного совета (www.ndki.uz) и на информационно-образовательном портале «ZiyoNet» (www.ziynet.uz).

Научный руководитель: **Шарафутдинов Улугбек Зиятович**
доктор технических наук, доцент

Официальные оппоненты: **Мухиддинов Баходир Фахриддинович**
доктор химических наук, профессор

Курбанов Машхур Аманович
доктор философии (PhD) по техническим наукам

Ведущая организация: **Ташкентский государственный технический университет**

Защита диссертации состоится 27 декабря 2021 года в 16⁰⁰ часов на заседании научного совета DSc.17/04.06.2021.T.06.01 (Адрес: 210100, г. Навои, ул. Махмуда Таробий, 72. Зал заседаний Навоийского государственного горного института. Тел.: (79) 223-23-32; факс: (79) 223-49-66; (e-mail: info@ndki.uz, nsmi@gmail.com).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Навоийского государственного горного института (зарегистрирован за №79). Адрес: 210100, г. Навои, ул. Махмуда Таробий, 72. Тел.: (79) 223-23-32; факс: (79) 223-49-66.

Автореферат диссертации разослан 14 декабря 2021 г.
(реестр протокола рассылки №2 от 14 декабря 2021 г.).



К. Санакулов

Председатель Научного совета по
присуждению ученых степеней, д.т.н., профессор

Ученый секретарь Научного совета по присуждению ученых степеней, доктор философии (PhD) по техническим наукам

Председатель Научного семинара при научном совете по присуждению ученых степеней, д.т.н., доцент

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. Одним из способов добычи урана в мире является подземное выщелачивание (ПВ), которое даёт возможность уменьшить капитальные затраты в 4 раза при производстве урана, сократить время подготовки карьеров для добычи, в несколько раз увеличить производительность труда, оптимизировать рабочие места и уменьшить себестоимость продукта. В настоящее время оставшиеся запасы месторождений руд с высоким содержанием цветных металлов практически истощены, в разработку вовлекаются труднодоступные, сложные по переработке руды и в результате внедрения ресурсо- и энергосберегающих технологий важное значение приобретает использование техногенных отходов, в которых содержится ценный компонент.

На сегодняшний день во всем мире ведутся научные исследования по возврату техногенных отходов в основную переработку, применению высококачественных сорбентов на основе хлорид-ионов в процессе получения готового продукта, извлечению урана в процессе сорбции, повышению основных показателей производства урана и переработке техногенных отвалов путём их возврата. В связи с этим необходимы разработка физико-химических и технологических основ переработки техногенных отходов, изучение свойств анионитов, сорбирующих уран в процессе переработки урановых отходов с высококонцентрированными растворами хлорид-ионов, уделять особое внимание проведению научных исследований по извлечению урана в условиях сезонных низких температур в процессе сорбции.

В Республике выполнен ряд научно-практических работ по переработке техногенных отвалов при добыче урана открытым способом, разработке селективного метода выщелачивания урана из отходов, уменьшению влияния воздействия отходов при совместном получении урана на окружающую среду и внедрению передовых научно-обоснованных мероприятий по повышению плодородия поверхности почв земли. В Указе Президента Республики Узбекистан¹ определены важные задачи по «поднятию промышленности по качественным показателям на новый уровень, тщательной переработке местных источников сырья, ускорению развития производства готовой продукции и совершенствованию новых технологий...». В связи с этим важно выполнять задачи по возврату в переработку накопившихся в хвостохранилище забалансовых руд Навоийского горно-металлургического комбината (НГМК) свыше 3 млн. т отходов без использования основного сырья, изучению физико-химических и технологических параметров смол, применяемых в процессе сорбции урана из растворов рекультивации, разработке технологических регламентов параметров хранения и перевозки анионитов для сорбции урана, анализу

¹ Указ Президента Республики Узбекистан №УП-4947 от 7 февраля 2017 г. «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан».

радиационной и экологической обстановки в районе размещения предприятия по добыче урановой руды.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Указе Президента Республики Узбекистан №УП-4947 от 7 февраля 2017 г. «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан», Постановлениях Президента Республики Узбекистан № ПП-4401 от 23 июля 2019 г. «О мерах по дальнейшему совершенствованию геологического изучения недр и реализации государственной программы развития и воспроизводства минерально-сырьевой базы на 2020-2021 гг.» и № ПП-4477 от 4 октября 2019 г. «Об утверждении стратегии по переходу Республики Узбекистан на «зеленую» экономику на период 2019-2030 гг.», а также в других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере.

Соответствие исследования с приоритетными направлениями развития науки и технологий республики. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологии республики: VII. «Науки о земле (геология, геофизика, сейсмология и переработка минерального сырья)».

Степень изученности проблемы. Значительный вклад в развитие науки и практики добычи урана методом ПВ, изучение переработки урансодержащих отвалов и последующей рекультивации внесли Аренс В.Ж., Ванденхова Х., Гридин О.М., Есаулов В.Н., Жерин И.И., Истомин В.П., Калабин А.И., Ласкорин Б.Н., Лобанов Д.П., Лилбок Л.А, Лунев Л.И., Малухин Н.Г., Мамилов В.А., Мирсаидов И.У., Маркелов С.В., Небера В.Н., Нестеров Й.В., Новик-Качан В.П., Осмоловский И.С., Хакимов Н., Петухов О.Ф., Санакулов Қ., Саттаров Ғ.С., Шарипов Х.Т., Толстов Е.А., Фазлуллин М.И., Хчеян Г.Х., Язиков В.Г., Alfoldi L., Anderson J.S., Matis K.A., Ritchie M.J., Salter J.D., Uayt N.P., Yannopoulos J.C., Young Zaporozek C.P., Kundler A.P. и др. ученые.

Анализ литературных данных показал, что до настоящего времени интенсификация процесса ПВ путем управления механизмом извлечения полезного компонента из отвалов урановых рудников и разработке новой технологии переработки урансодержащих растворов в присутствии хлорид-иона препятствовало отсутствие научно-технических основ в этой области. В связи с этим интенсификация добычи урана путем разработки технологии отработки отвалов урановых рудников с применением синтетических ионитов, их транспортировки и хранения сорбентов при отрицательных температурах, поиску эффективных путей снижения расхода реагентов, влияния депрессанта на основе хлорид-иона на процесс имеет важное научное и практическое значение для горно-металлургической отрасли.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках плана научно-исследовательских работ прикладных проектов

Навоийского государственного горного института на тему: ВА-А-13-015 – «Разработка технологического режима подземного выщелачивания урана с применением местных реагентов».

Целью исследования является изучение свойств анионитов при сорбции урана из растворов с повышенной концентрацией хлорид-ионов при переработке отвалов Учкудукского уранового месторождения, а также повышение степени извлечения урана в процессе сорбции на основе определения влияния сезонных низких температур.

Задачи исследования:

установление причины повышенной концентрации хлорид-ионов в растворах рекультивации при переработке урановых отвалов Учкудука;

исследование влияния депрессирующих хлорид-ионов на процесс сорбции урана, установление предельных показателей и выбор оптимального анионита при переработке урановых отвалов;

изучение физико-химических и технологических параметров смол, применяемых в процессе сорбции урана из технологических растворов, и исследование влияния на них низких температур;

разработка технологического регламента перевозки и хранения анионитов для сорбции урана;

анализ радиационной и экологической обстановки в районе размещения предприятий по добыче урановой руды вокруг г. Учкудук.

Объектом исследования являются пробы отвалов забалансовых радиоактивных руд месторождения Учкудук, модельные и реальные урановые растворы, а также ионообменные смолы (силноосновные аниониты).

Предметом исследования служит разработка рекомендаций по извлечению урана из сложных сульфатно-хлоридных растворов анионитами.

Методы исследований. В процессе исследований использованы аналитический, графоаналитический и статистический методы, стендовые и лабораторные эксперименты, гранулометрический анализ, химический, спектральный и рентгенофазовый анализы руд, растворов и смол, а также методы математической обработки результатов лабораторных и опытно-промышленных испытаний.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

установлены причины относительно повышенной концентрации содержания (2-2,5 г/л) хлорид-ионов в растворах рекультивации и в подземных водах при переработке урановых отвалов Учкудука и определён полный переход их в раствор;

разработан дополнительный механизм снижения емкости смолы по урану и технологических параметров допустимого количества хлорид-ионов за счет увеличения доли катионных комплексов UO_2Cl^+ в анионообменных смолах при увеличении концентрации хлорид-ионов в мелиоративных растворах до 0,05 моль/дм³;

разработаны критерии качества анионитов по совокупности физико-механических и технологических параметров сорбции урана из

рекультивационных растворов при переработке урановых отвалов Учкудука и установлено, что наилучшими свойствами обладает анионит ВО-020;

разработаны технологические параметры сорбционного извлечения урана из рекультивационных растворов, связанные с количеством воды при хранении и транспортировке анионитов;

изучен $K_{\text{рм}}$ -радиоактивный дисбаланс между изотопами $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ и определен состав подземных вод методом α - спектрометрии.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

разработаны технологические параметры сорбции урана из технологических растворов с содержанием хлорид-ионов выше 0,05 моль/дм³;

разработан критерий промышленного внедрения анионита ВО-020, обеспечивающий наивысшие показатели сорбции;

впервые разделены зерна смолы на фракции с гранулометрическим составом 3-х видов по устойчивости: обнаружено, что зерна размером менее 0,3 мм более прочные и сохраняют форму при низких зимних температурах года; фракционные смолы размером 0,3-0,8 мм в этот период разламываются и растрескиваются; фракционные смолы размером более 0,8 мм полностью разрушаются и растрескиваются в течение этого периода;

разработаны технологические регламенты технологических процессов сорбции урана, его транспортировки в условиях отрицательных температур с учетом снижения механических свойств ионообменных смол.

Достоверность результатов исследования доказана совпадением результатов теоретических и экспериментальных исследований, значительным объемом лабораторных и промышленных экспериментов, удовлетворительной сходимостью и количественным подтверждением основной идеи работы по переработке урановых отвалов, значительными положительными результатами при использовании технологических регламентов процессов сорбции урана, а также положительными актами лабораторных и промышленных испытаний.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость полученных результатов исследования характеризуется выявлением факторов, влияющих на извлечение урана из отходов уранового рудника, полученных на основе теоретического обобщения и разработки научных основ отработки урансодержащих отвалов, а также подготовки и интенсификации процессов сорбции урана путем исследования влияния сезонных отрицательных температур и депрессантов на процесс, что является вкладом в теорию физико-химических основ геотехнологических процессов.

Практическая значимость результатов исследования характеризуется извлечением ценного компонента из отвалов уранового производства НГМК, что значительно снижает отрицательное воздействие на экологию региона и служит для достижения рентабельности.

Внедрение результатов исследования. На основе проведенных исследований по извлечению урана из растворов рекультивации при переработке урановых отвалов Учкудука Навоийского горно-металлургического комбината:

усовершенствованная технология производства урана внедрена в отделе переработки урановых отходов геотехнологического рудника Северного рудоуправления (справка Навоийского горно-металлургического комбината №02-06-07/3689 от 6 апреля 2021 г.). В результате достигнуто извлечение с высоким содержанием урана из забалансовых урансодержащих отходов;

технологический регламент, учитывающий снижение механических свойств смолы под воздействием отрицательной температуры на качество ионообменных смол в технологических процессах сорбции и транспортировки урана внедрен в геотехнологическом руднике Северного рудоуправления (справка Навоийского горно-металлургического комбината №02-06-07/3689 от 6 апреля 2021 г.). В результате предотвращено замерзание ионообменных смол при сезонно отрицательных температурах и получена возможность увеличения их повторного использования в технологических процессах.

Апробация результатов исследования. Апробация результатов исследований проведена на 5 республиканских и 2 международных научно-практических конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликованы всего 17 научных работ, из них в научных изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан, изданы 6 статей, в том числе 3 из которых в республиканских и 3 в зарубежных журналах.

Структура и объем диссертации. Структура диссертации состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 113 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обосновывается актуальность и востребованность проведенного исследования, цель и задачи исследования, характеризуются объект и предмет, показано соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики, излагаются научная новизна и практические результаты исследования, раскрываются научная и практическая значимость полученных результатов, рекомендации по внедрению в практику результатов исследования, сведения по опубликованным работам и структуре диссертации.

В первой главе диссертации «**Анализ современного состояния технологии добычи урана в условиях резкого ухудшения обогатимости вовлекаемых в переработку руд**» приведен анализ современного состояния комплексной переработки урансодержащего сырья, утилизации

радиоактивных отходов горно-металлургической промышленности и тенденции ее развития.

Научно-технический прогресс в современном мире сопровождается резким увеличением потребления природных ресурсов и одновременным ростом количества производственных техногенных отходов, проблема рационального использования которых теснейшим образом связана с эффективностью промышленного производства, защитой окружающей среды и новыми разработками в области утилизации отходов. Применяемые технологии утилизации отходов в развитых странах на 90-95% ориентированы на направления в хвостохранилища, сжигании в утилизационных энергетических установках или в неэффективном использовании на действующих металлургических предприятиях, основным недостатком которых являются пылегазовые выбросы и связанные с этим потери ценных элементов. Кроме того, отвалы и хвостохранилища требуют отвода значительных земельных участков и нарушают экологическую ситуацию в прилегающих районах.

Во второй главе диссертации **«Выбор объектов и методы исследования при разработке технологии переработки отвалов Учкудука»** приведены результаты минерологических и химических исследований по переработке урановых отвалов Учкудука и причины повышенной концентрации хлорид-ионов в растворах рекультивации.

Основным способом добычи и переработки урансодержащих месторождений в Узбекистане до недавнего времени (начало 90-х годов XX века) был подземный и открытый способ добычи руды с дальнейшей ее гидрометаллургической переработкой. В результате добычи руд на месторождении Учкудук с 1958 по 1991 г. сформировались 23 радиоактивных отвалов забалансовых руд общим объемом 1400 тыс. м³ или 2,25 млн. т горной массы со средним содержанием урана 200 г/т. До 2010 г. данные отвалы не рекультивировались.

Разработанная и внедренная схема выявила следующие проблемы: относительно низкую эффективность извлечения урана из растворов рекультивации, снижение механической прочности ионообменных смол, связанную с резким колебанием межсезонных температур, образующихся в результате рекультивации.

Результаты проведенных исследований показали, что причиной относительно высоких концентраций хлоридов в растворах рекультивации (до 2,0-2,5 г/л) является наличие их в рудных отвалах, высокое содержание в грунтовых водах и высокая полнота выщелачивания.

В основу проведенных исследований положено изучение методов выщелачивания радиоактивных металлов, различные способы осаждения и изучение процесса сорбции. Исходя из этого, использованы современные физико-механические, химические и физико-химические методы исследований (рентгенофазовый анализ, атомно-эмиссионный анализ, масс-спектральный анализ, электронная микроскопия).

В третьей главе диссертации «Исследование сорбционного извлечения урана из сернокислых растворов с повышенным содержанием хлорид-ионов» проведен анализ процесса сорбции урана из рекультивационных растворов с повышенным содержанием хлорид-ионов и применяемых различных сильноосновных анионитов.

Хлориды выщелачиваются одинаково хорошо как водой, так и серной кислотой с очень высокой скоростью – равновесие в системе наступает за первые 5 минут выщелачивания. Уран водой не выщелачивается, зато раствором серной кислоты выщелачивается на 89% при времени контакта фаз 60 минут. Сорбция урана осуществляется ионитами, переведенными предварительно в рабочую форму, которая определяется условиями проведения процесса, а именно, составом технологических растворов. Так, при извлечении урана из сернокислых растворов иониты переводят в SO_4^{2-} форму. Однако для сорбции урана из смешанных сульфатно-хлоридных растворов возможно использование как ионитов в SO_4^{2-} форме, так и в Cl^- форме.

Определено влияние рабочей формы ионита на его емкость по урану при извлечении из смешанных сульфатно-хлоридных растворов. Исследования проводились в статическом режиме при $V_{см}:V_{р-р}=1:1000$, $t=25^{\circ}C$ на модельных растворах с $pH=1,8$, $[SO_4^{2-}]=20$ г/л и $[U]=28,6$ мг/дм³, содержащих 0 и 0,05 моль/дм³ Cl^- . Результаты экспериментов представлены в табл. 1.

Таблица 1

Влияние хлорид-ионов и формы ионитов на статическую обменную емкость по урану при сорбции из технологических растворов

№	Марка ионита	Форма ионита	СОЕ (при $[Cl^-]=0,05$ моль/дм ³)		СОЕ (при $[Cl^-]=0$ моль/дм ³)	
			кг/м ³	кг/т	кг/м ³	кг/т
1.	АМР	SO_4^{2-}	3,10	8,37	14,67	34,26
		Cl^-	3,03	8,2	–	–
2.	Purolite А-606	SO_4^{2-}	6,15	15,37	17,90	45,55
		Cl^-	8,3	20,75	–	–
3.	ВО-020	SO_4^{2-}	12,15	34,02	19,55	48,87
		Cl^-	13,97	39,11	–	–
4.	Dowex-1	SO_4^{2-}	4,76	16,66	13,8	32,31
		Cl^-	6,42	22,47	–	–

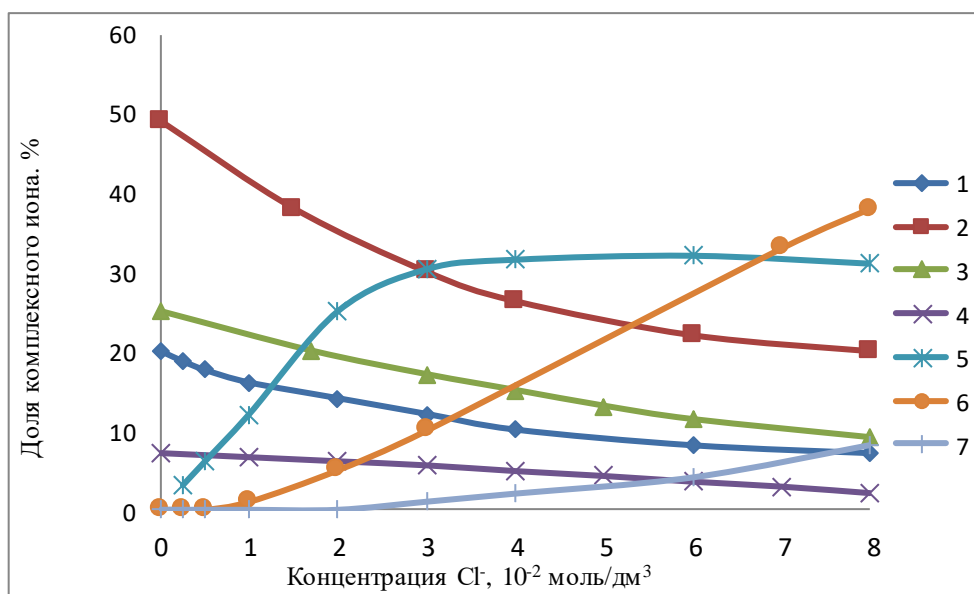
Согласно полученным данным, в статических условиях обменная емкость возрастает в следующем ряду ионитов:

Dowex-1 < АМП < Purolite А606 < ВО-020.

Присутствие хлорид-ионов в продуктивном растворе ожидаемо привело к падению емкостных характеристик по урану для всех без исключения ионитов из-за протекания конкурирующего процесса сорбции Cl^- анионитами.

Дополнительно к конкурирующему процессу сорбции хлоридов установлен также механизм снижения сорбции урана за счет его комплексообразования в растворах с сульфатно-хлоридными лигандами.

На рис. 1 представлен график распределения ионных форм урана в зависимости от концентрации хлорид-ионов в растворе.



1 – UO_2^{2+} ; 2 – UO_2SO_4 ; 3 – $[UO_2(SO_4)_2]^{2-}$; 4 – $[UO_2(SO_4)_3]^{4-}$; 5 – UO_2Cl^+ ; 6 – UO_2Cl_2 ; 7 – $[UO_2Cl_3]^-$

Рис. 1. Зависимость формы хлорид-ионов от степени извлечения урана из технологических растворов

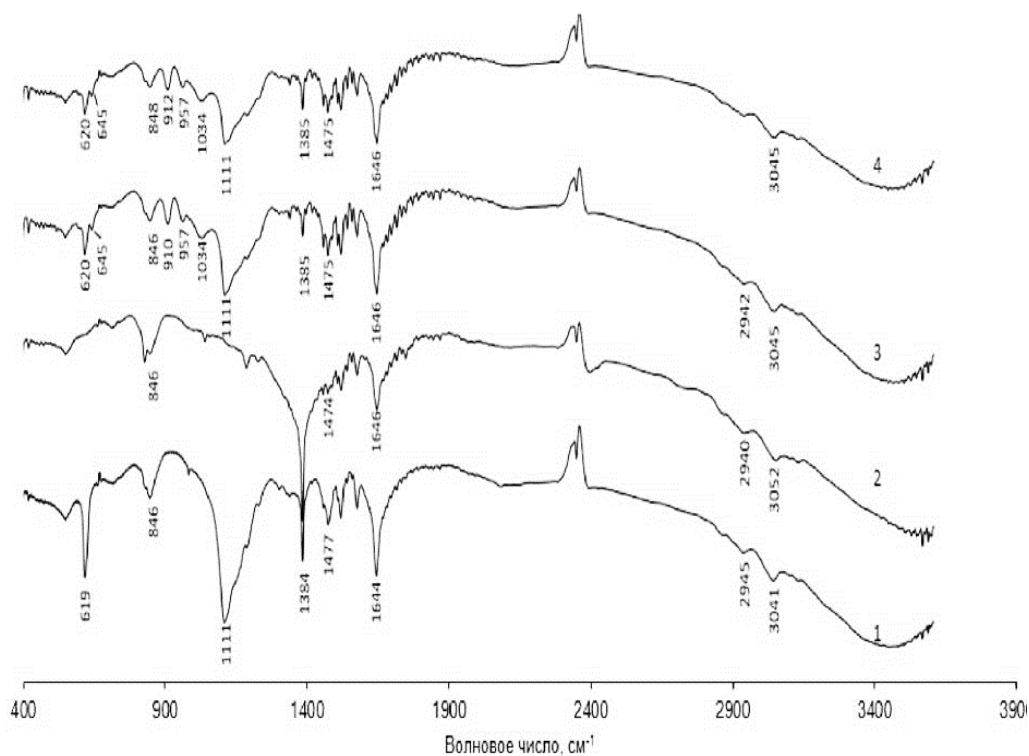
Из диаграммы распределения ионных форм следует, что при повышении концентрации хлорид-ионов в растворе до $0,05$ моль/дм³ увеличивается доля катионного несорбируемого анионитом комплекса UO_2Cl^+ , что и приводит к снижению емкости ионитов по урану.

Предложенный дополнительный механизм снижения сорбции урана был исследован методом ИК-спектроскопии на примере винилпиридинового ионита ВО-020. Получены спектры поглощения образцов ионита в SO_4^{2-} и Cl^- рабочей форме до и после сорбции урана из сернокислых растворов с концентрацией хлорид-ионов $0,05$ моль/дм³ (рис. 2).

В спектрах всех четырех исследуемых образцов присутствуют пики поглощения, характерные для колебаний межатомных связей в матрице ионита и функциональной группировке. Так пик поглощения в области 3045 см⁻¹ обусловлен валентными колебаниями связи С-Н ароматического кольца. Слабый пик поглощения при 2940 см⁻¹ вызван валентными колебаниями связи С-Н алифатических углеводородов.

В спектрах всех четырех исследуемых образцов присутствуют пики поглощения, характерные для колебаний межатомных связей в матрице ионита и функциональной группировке. Так пик поглощения в области 3045 см⁻¹ обусловлен валентными колебаниями связи С-Н ароматического кольца. Слабый пик поглощения при 2940 см⁻¹ вызван валентными колебаниями связи С-Н алифатических углеводородов. Пики в области 1646 см⁻¹ и 1477 см⁻¹ обусловлены валентными колебаниями связей С=С и С=К бензольного

кольца, соответственно. Пики с волновым числом 1384 см^{-1} и 846 см^{-1} соответствуют плоским и внеплоскостным деформационным колебаниям связи С-Н винила. Спектр поглощения образца ионита в SO_4^{2-} рабочей форме до сорбции (рис. 2) характеризуется наличием пиков в области 619 и 1111 см^{-1} , вызванных ассиметричными трижды вырожденными колебаниями группировки $[\text{SO}_4]^{2-}$. На спектре ионита в Cl^- рабочей форме.



До сорбции: 1 – SO_4^{2-} форме; 2 – Cl^- форме.
После сорбции: 3 – SO_4^{2-} форме; 4 – Cl^- форме

Рис. 2. ИК-спектры сорбции ионитом ВО-020 урана из сернокислого раствора с концентрацией хлорид-ионов $0,05\text{ моль/дм}^3$

После сорбции урана из сульфатно-хлоридного раствора в спектре образца ионита ВО-020 в Cl^- форме (рис. 2, линия 4) появляются пики с волновым числом 620 , 1034 и 1111 см^{-1} , соответствующие ассиметричным трижды вырожденным колебаниям $[\text{SO}_4]^{2-}$ группы. Это указывает на то, что сорбция урана исследуемым ионитом осуществляется только в виде сульфатного комплекса, а хлоридные положительно заряженные комплексы урана не сорбируются.

Были сняты изотермы сорбции урана при концентрации $[\text{Cl}^-]=0,05\text{ моль/дм}^3$ (рис. 3). Изотерма сорбции урана ионитом ВО-020 расположена выше остальных изотерм, что указывает на большее сродство к урану винилпиридиновых функциональных группировок по сравнению с четвертичными аммониевыми основаниями.

Также определены значения ПДОЕ ионитов (до полного проскока урана при сорбции), результаты которого приведены в табл. 2. Согласно полученным данным, ПДОЕ ионитов по урану возрастает в следующем ряду:

$\text{Dowex-1} < \text{АМП} < \text{Purolite A606} < \text{ВО-020}$.

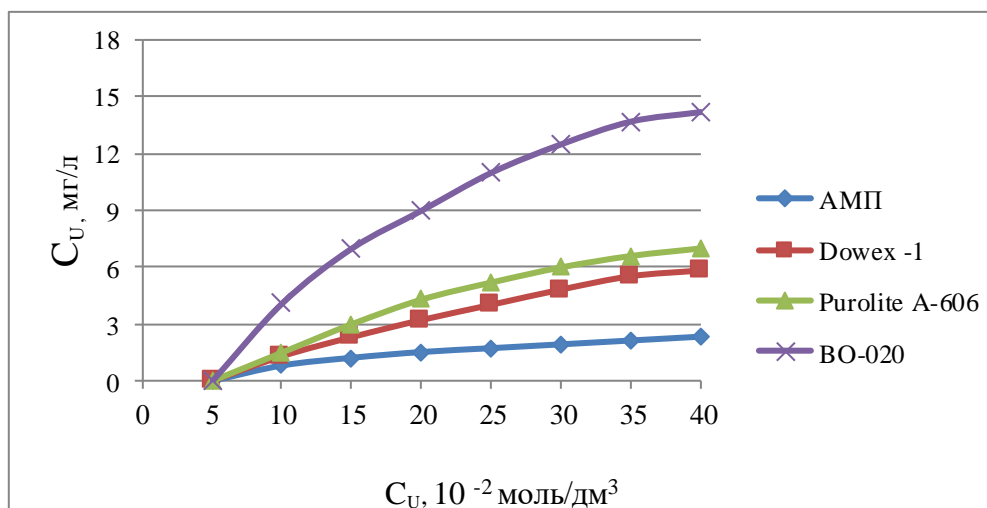


Рис. 3. Графики зависимости концентрации хлорид-ионов, содержащихся в технологическом растворе, от показателя сорбции урана

Таблица 2

Значения ПДОЕ ионитов при извлечении урана из сульфатно-хлоридных растворов

Ионит	BO-020	PuroliteA606	Dowex -1	АМП
ПДОЕ, кг/м ³	58,75	47,00	31,33	37,28

Кинетику сорбции исследовали статистическим методом при $V_{см}:V_p=1:1000$, $t=25^{\circ}C$ на модельных растворах с $pH=1,8$, $[SO_4^{2-}]=20$ г/л и $[U]=28,6$ мг/дм³, содержащих $0,05$ моль/дм³ Cl^- . На рис. 4 представлены кинетические кривые сорбции урана ионитами, из которого видно, что наилучшие кинетические характеристики проявляет анионит BO-020 – для него равновесие в системе наступает за 18 ч, тогда как для АМП – 24 ч.

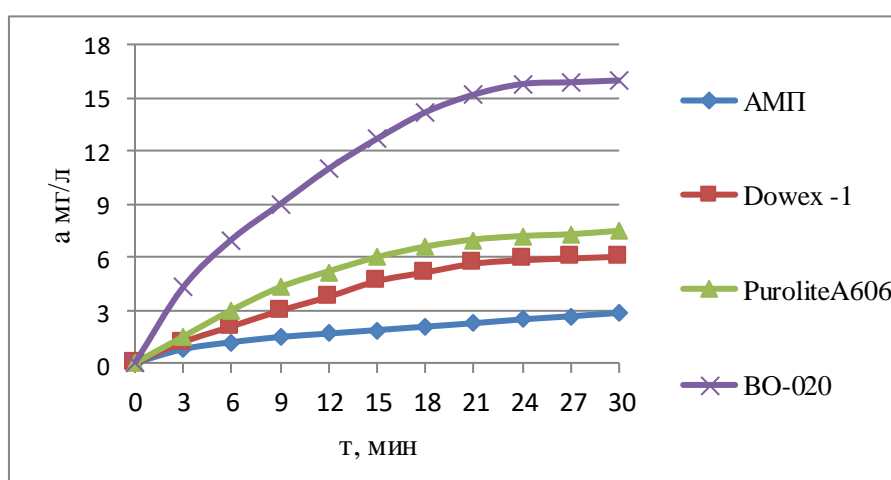


Рис. 4. Кинетические графики сорбции урана из сульфатно-хлоридных растворов (0,05 моль/дм³)

Проводились также исследования по сорбции урана из реальных растворов рекультивации отвалов с различным исходным содержанием в них урана.

Получение реальных растворов производили путём обработки пробы отвалов, отобранной с карьера №8 сернокислым раствором (рН =1,0).

Результаты по выщелачиванию металла и последующей его сорбции анионитом ВО-020 представлены в табл. 3.

Таблица 3

Результаты сорбции металла при концентрации Cl^- 1775 мг/л (0,05 моль/дм³)

Проба забалансовой руды	Концентрация H_2SO_4 на выщелачивание, г/л	Результаты выщелачивания и сорбции			
		рН конечный	[U] в твёрдых хвостах, %	[U] в растворе, мг/л	Ёмкость анионита, мг/г
Отвал №8, [U] = 0,024%	30,0	1,0	0,0036	88	9,0
	15,0	1,4	0,0039	67	18,2
	8,0	3,0	0,0100	40	22,5

Как видно из результатов табл. 3, сернокислотное выщелачивание забалансовых руд с карьера №8 требует поддержания в растворе исходного рН=1,0, при этом независимо от концентрации кислоты равновесная концентрация $[Cl^-]=1775$ мг/л. Последующая сорбция урана из раствора анионитом ВО-020 обеспечивает положительные результаты по насыщению смолы.

В четвертой главе диссертации «**Исследование технологических показателей ионообменных смол и технология рекультивации забалансовых урансодержащих отвалов**» приведена технология извлечения урана, результаты извлечения урана из рекультивационных отвалов, физико-химические и технологические свойства применяемых смол, а также состояние радиационной и экологической обстановки в районе размещения предприятия по добыче урановой руды вокруг г. Учкудук

Для оценки эффективности анионитов использовали следующие критерии: I – гранулометрический состав; II – механическая прочность; III – удельная поверхность; IV – удельный объем ионитов; V – селективность смол; VI – степень регенерации.

Для определения места анионита по суммарным показателям качества использована методика, согласно которой суммируют очки по занимаемым местам и отнимают от возможной величины (100%). Результаты исследований приведены в табл. 4.

Большую роль в процессах криодеструкции играет начальное состояние гранул ионообменного материала. По-видимому, частицам ионита без физических дефектов не опасны напряжения, возникающие при замораживании и оттаивании находящейся в них свободной воды.

Однако такое предположение справедливо лишь до определённых пределов. Действительно, как показывают данные табл. 5, механическая прочность и гранулометрический состав анионитов ВО-020, А-606 и АМП, не имеющих видимых дефектов (I) в поле микроскопа, имеющих одиночные

дефекты (II) и имеющих множественные дефекты (III) после замораживания до $-18,2^{\circ}\text{C}$, выдержке в течение суток и последующем оттаивании при температуре $+20^{\circ}\text{C}$ в течении 24 часов, значимо различаются.

Таблица 4

Результаты исследований, ряд качества ионитов

	Марка ионита	Место в ряду критериям I-VI						Сумма пунктов	Место в ряду
		I	II	III	IV	V	VI		
1.	BO-020	1	2	1	5	1	4	14	1
2.	АМП	2	1	2	2	4	6	17	2
3.	BD-706	3	4	8	6	3	1	25	3
4.	Resinacs	4	7	4	1	2	7	25	4
5.	Amberlite IRA-120	6	6	6	3	6	2	29	5
6.	Tulsion	7	5	5	4	5	5	31	6
7.	Purolite A-606	5	3	7	7	7	3	32	7
8.	Dowex 1	6	8	3	8	8	8	41	8

Таблица 5

Изменение некоторых свойств ионитов после замораживания

Ионит	Образец	Механическая прочность, %		Средний диаметр гранул, мм	
		до	после	до	после
A-606	I	99,5	84,0	0,85	0,75
	II	97,5	81,0		0,65
	III	92,0	77,0		0,60
	IV	97,5	83,0		0,70
АМП	I	99,5	81,5	0,85	0,65
	II	98,0	76,5		0,55
	III	90,5	73,0		0,45
	IV	98,0	78,0		0,60
BO-020	I	100	86,5	0,95	0,85
	II	99,0	83,5		0,75
	III	98,0	81,0		0,70
	IV	99,5	85,0		0,80

Также произведены съемки ионообменных смол до замораживания и после замораживания до $-18,2^{\circ}\text{C}$. Изучено состояние ионообменной смолы марки BO-020 на бинокулярном цифровом микроскопе со встроенной видеокамерой. Результаты исследований представлены на рис. 5 и 6.

Проведены наблюдения, позволившие выделить три гранулометрические фракции, резко отличающиеся по стабильности зерна: фракции ряда отечественных и зарубежных ионитов менее 0,3 мм наиболее устойчивы и в процессе замораживания состоят только из целых зёрен; фракция 0,3-0,8 мм, содержащая кроме целых зёрен расколотые и с трещинами; фракция крупнее 0,8 мм – наименее прочная и целиком состоящая из гранул с трещинами. С

увеличением диаметра гранул растут внутренние напряжения, приводящие к разрушению зёрен.

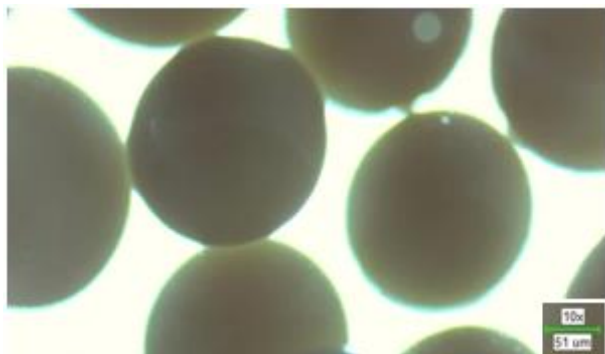


Рис. 5. Состояние зёрен анионита ВО-020 при нормальных условиях

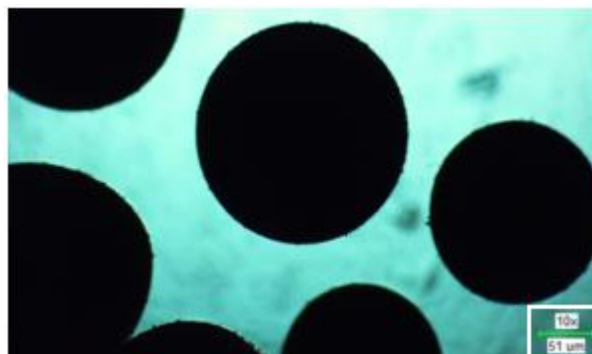


Рис. 6. Состояние зёрен анионита ВО-020 с охлаждением (при $-18,2^{\circ}\text{C}$)

Полученные результаты исследований позволили сделать важный практический вывод: для сохранения механической прочности анионитов необходимо максимальное удаление воды при их транспортировке и хранении при низких температурах (в зимний период).

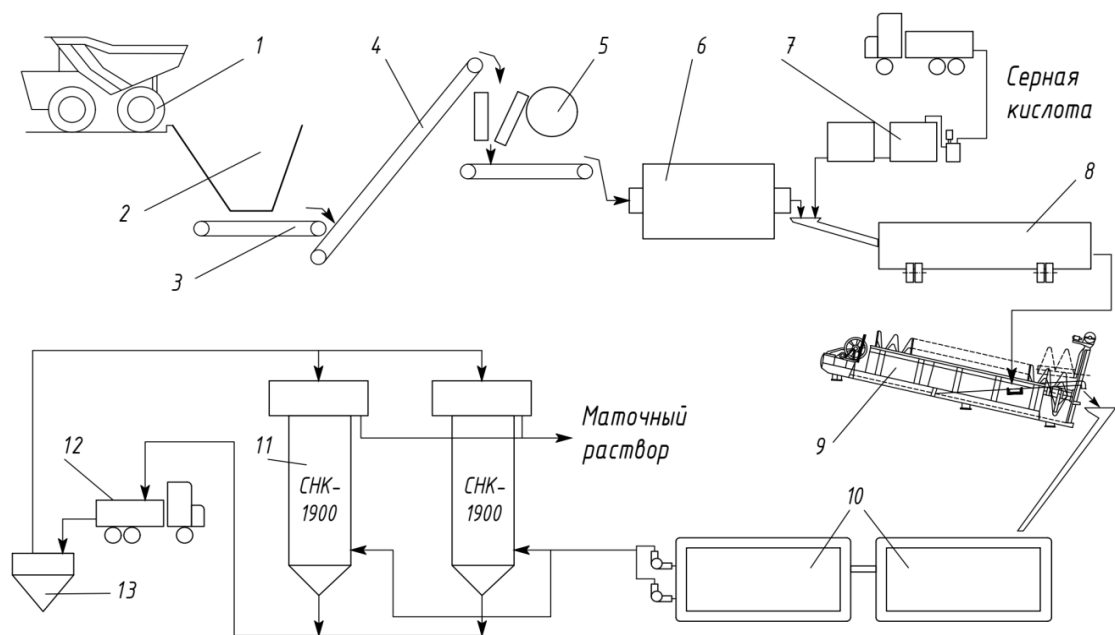
Проведена комплексная оценка радиозоологической ситуации в районе размещения отвалов уранового производства (вокруг г. Учкудук). На основе экспериментальных исследований выявлены участки и компоненты природных экосистем с повышенным содержанием естественных радионуклидов (ЕРН). Выполнена оценка доз облучения и индексов радиационного воздействия для объектов окружающей среды и населения на территории, прилегающей к уранодобывающему предприятию.

В результате рекультивации отвалов по разработанной технологии содержание урана в твёрдой фазе снижается с 200-400 до 5-20 г/т; среднее значение гамма-активности снижается до 0,46 мкЗ/ч, а среднее значение суммарной альфа-активности снижено до 15,0 кБк/кг.

Специалистами НГМК разработана и внедрена технологическая схема рекультивации горных радиоактивных отвалов с попутным сорбционным извлечением урана. Процесса переработки урановых отвалов ведут согласно схеме цепи аппаратов, представленной на рис. 7.

В приёмный бункер перерабатывающего комплекса подача руды может производиться автосамосвалами, погрузчиками, трактором с подвесным оборудованием.

Исходная руда крупностью – 350 мм подается в приемный бункер, затем ленточным питателем (25 т/ч) руда, подаётся на стадию дробления в щёковую дробилку СМД-110. Дроблённая до класса –100 мм руда попадает на ленточный конвейер, который оборудован электронными весами для контроля объемов переработки руды, и далее поступает на мельницу МШР 21х22.



- 1 – автосамосвал; 2 – приемный бункер; 3 – ленточный питатель; 4 – ленточный конвейер; 5 – щёковая дробилка СМД-110; 6 – мельница МШР 21x22; 7 – кислотная емкость; 8 – скруббер-бутара; 9 – классификатор спиральный типа 1КСП-1,5; 10 – осветленные карты; 11 – сорбционная напорная колонна СНК-1900; 12 – смоловоз; 13 – смоловый бункер

Рис. 7. Схема цепи аппаратов участка рекультивации урансодержащих отвалов

Увеличение крупности и крепости исходной руды приводит к перегрузу мельницы и снижению ее производительности. При снижении крупности руды увеличивается производительность мельницы как по исходному питанию, так и по готовому классу, что приводит к снижению удельного расхода шаров и электроэнергии.

Повышение плотности пульпы в разгрузке мельницы выше регламентируемой ведет к увеличению вязкости пульпы и затруднению ее разгрузки. Снижение плотности пульпы приводит к увеличению скорости ее движения и, соответственно, к снижению времени пребывания руды в мельнице и снижению степени измельчения.

Оптимальной степенью заполнения мельницы рудой и мелющими шарами считается 35-40%. Увеличение степени заполнения приводит к перегрузу мельницы, снижение – к недогрузу, что ведет к снижению производительности. Размер щели разгрузочной решетки составляет -18 ± 2 мм.

Перемешивание руды с рабочим раствором происходит за счёт вращения скруббер-бутары от электродвигателя.

Измельченная руда в виде пульпы поступает в скруббер самотеком через коллектор трубы, куда подается техническая вода, серная кислота и вода «Бешбулак». Объем технологической воды до $30 \text{ м}^3/\text{ч}$, расход серной кислоты до концентрации серной кислоты – 10-15 г/л.

Затем перемешанный продукт через патрубок скруббера поступает на классификатор типа 1КСП-1,5, откуда самотеком по дренажному лотку поступает в карту-отстойник №1 для дальнейшего выщелачивания и осветления. Далее насосами продуктивный раствор подается в нижнюю часть сорбционной напорной колонны СНК-1900. На рис. 8 представлена сорбционная напорная колонна на участке переработки ураносодержащих отвалов.

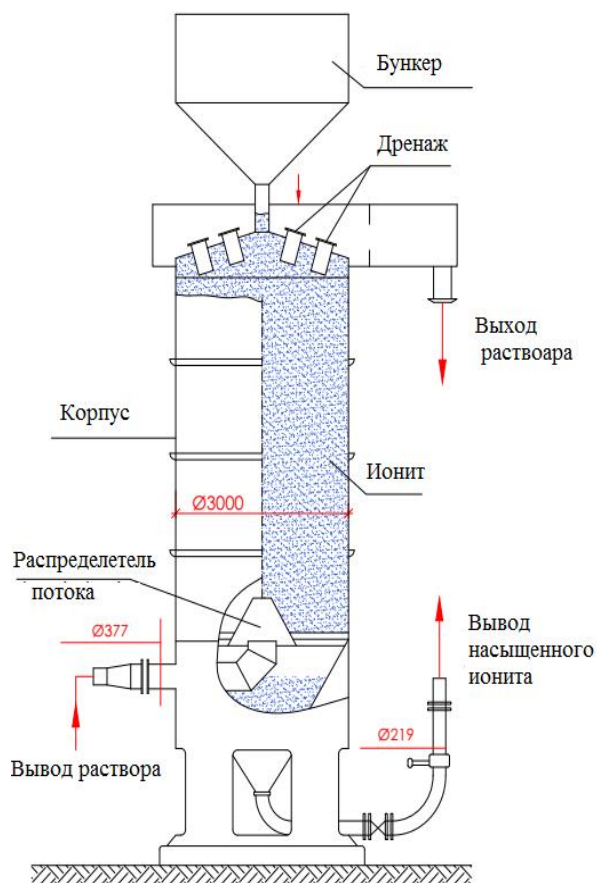


Рис. 8. Сорбционная напорная колонна

Таким образом, внедрена новая технологическая схема и схема цепи аппаратов в промышленных условиях Навоийского горно-металлургического комбината при переработке растворов, учитывающие воздействие отрицательных температур в холодное время года и контролирующие концентрацию $СГ$ в процессе сорбционного передела. Результаты проведенных работ включены в технологический регламент действующего участка.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе проведенных исследований по диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам на тему «Физико-химические и технологические основы переработки урановых отвалов Учкудука» сделаны следующие заключения, имеющие теоретическую и практическую значимость:

1. Установлены сорбционные свойства ионитов по отношению к урану при извлечении из сернокислых растворов с повышенным содержанием хлорид-ионов и рекомендован к внедрению ионит марки ВО-020 с макропористой структурой, обладающего наилучшими сорбционными характеристиками.

2. Установлены кинетические кривые сорбции урана из сульфатно-хлоридных растворов, при этом процесс извлечения урана лимитируется диффузией внутри зерна.

3. По выбранным критериям (гранулометрический состав, механическая прочность, удельная поверхность, удельный объем ионитов, селективность ионитов, степень регенерации) определено качество ионитов с величиной следующего ряда: ВО-020 > АМП > ВД-706 > Resinacs > Amberlite IRA-120 > Tulsion 3663 > Purolite А-606 > Dowex-1.

4. Выделены три гранулометрические фракции, резко отличающиеся по стабильности зерна: фракции ряда отечественных и зарубежных ионитов менее 0,3 мм наиболее устойчивы и в процессе замораживания состоят только из целых зёрен; фракция 0,3-0,8 мм, содержащая кроме целых зёрен расколотые и с трещинами; фракция крупнее 0,8 мм – наименее прочная и целиком состоящая из гранул с трещинами. С увеличением диаметра гранул растут внутренние напряжения, приводящие к разрушению зёрен, однако использование мелких классов смол в ионообменной технологии не всегда возможно.

5. В основе закономерностей процесса замерзания лежит свойство синтетических смол, позволяющее выдерживать отрицательные температуры при проведении ионообменных процессов. Установлено, что при малом размере пор ионообменных смол снижается влияние отрицательной температуры.

6. Эффективная годовая доза для персонала, работающего в промышленных объектах уранового производства НГМК и для населения г. Учкудука и в прилегающих зонах не превышает значений, установленных СанПиН №0193-06 Республики Узбекистан.

7. Определены причины повышенной концентрации хлорид-ионов в растворах рекультивации и значения сорбционных характеристик (СОЕ, ПДОЕ) различных анионитов по отношению к урану при извлечении его из сульфатно-хлоридных растворов, а также построены и описаны изотермы сорбции и кинетические кривые сорбции.

8. Разработана технология сорбции урана при извлечении из сернокислых растворов с повышенным содержанием хлорид-ионов.

9. Разработана усовершенствованная технология производства урана на участке рекультивации урансодержащих отвалов и работа сорбента при воздействии отрицательных температур на качество ионообменных смол в технологических процессах сорбции урана и при их транспортировке.

**SCIENTIFIC COUNCIL ON AWARDING SCIENTIFIC DEGREES
DSc.17/04.06.2021.T.06.01 AT THE NAVOI STATE MINING INSTITUTE**

NAVOI STATE MINING INSTITUTE

RAJABBOYEV IBODULLA MURODULLAYEVICH

**PHYSICO-CHEMICAL AND TECHNOLOGICAL BASES OF
PROCESSING OF URANIUM DUMPS OF UCHKUDUK**

04.00.14 – Mineral processing

**DISSERTATION ABSTRACT OF THE DOCTOR OF PHILOSOPHY (PhD) ON
TECHNICAL SCIENCES**

Navoi – 2021

The topic of the dissertation for the degree of the Doctor of Philosophy in technical sciences is registered in the Higher Attestation Commission under the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan №B2021.2.PhD/T2277.

The dissertation was completed at the Navoi State Mining Institute.

The abstract of the dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) is on the website of the Scientific Council (www.ndki.uz) and on the information and educational portal «ZiyoNet» (www.ziynet.uz).

Scientific supervisor: **Sharafutdinov Ulugbek Ziyatovich**
Doctor of Technical Sciences

Official opponents: **Mukhiddinov Bakhodir Fakhriddinovich**
Doctor of Chemical Sciences, Professor

Kurbanov Mashkhur Amonovich
doctor of philosophy (PhD) in technical sciences


Leading organization: **Tashkent State Technical University**


The defence of the dissertation will be held on December 27, 2021 at 16⁰⁰ at the meeting of the Scientific council of scientific degrees DSc.17/04.06.2021.T.06.01 at the Navoi State Mining institute. Address: 210100, Navoi, Makhmud Tarobiy street, 72. Conference Hall of the Navoi State Mining Institute. Phone: (79) 223-23-32; fax: (79) 223-49-66; e-mail: info@ndki.uz. nsmi@gmail.com.

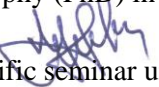
The doctoral dissertation has been registered at the Information Resource Centre of the Navoi State Mining Institute under No 79. Address: 210100, Navoi, Makhmud Tarobiy street, 72. Phone: (79) 223-56-90; fax: (79) 223-49-66.

The abstract of the dissertation is distributed on December 14, 2021.
Protocol at the register No 2 dated December 14, 2021.




K. Sanakulov
Chairman of the Scientific Council for
awarding the scientific degrees,
Doctor of Technical Sciences, Professor


O.U. Fuzaylov
Scientific Secretary of the Scientific Council for
Awarding the scientific degrees,
doctor of philosophy (PhD) in technical sciences


N.A. Doniyarov
Chairman of the scientific seminar under the Scientific
Council for awarding the scientific degrees,
Doctor of Technical Sciences, Associate Professor

INTRODUCTION (Doctor of Philosophy (PhD) dissertation annotation)

The aim of the research work is to study the properties of anionites during the sorption of uranium from solutions with an increased concentration of chloride ions during the processing of dumps of the Uchkuduk uranium deposit, as well as to increase the degree of uranium extraction during the sorption process based on determining the effect of seasonal low temperatures.

The research objects are samples of off-balance radioactive ore dumps of Uchkuduk deposit, model and real uranium solutions, ion-exchange resins (strongly basic anion exchangers).

The scientific novelty of the research is as follows:

the reasons for the relatively high concentration (2-2,5 g/l) of chloride ions in reclamation solutions and in groundwater during the processing of uranium dumps of Uchkuduk have been established and their complete transition into solution has been determined;

an additional mechanism was developed to reduce the capacity of the resin for uranium and the technological parameters of the permissible amount of chloride ions by increasing the proportion of cationic complexes UO_2Cl^+ in anion-exchange resins with an increase in the concentration of chloride ions in meliorative solutions to $0,05 \text{ mol/dm}^3$;

criteria for the quality of anion exchangers were developed based on the combination of physical - mechanical and technological parameters of the sorption of uranium from reclamation solutions during the processing of uranium dumps of Uchkuduk and it was found that the BO-020 anion exchanger has the best properties;

technological parameters of the sorption extraction of uranium from reclamation solutions, related to the amount of water during storage and transportation of anionites, have been developed;

the K_{r} -radioactive imbalance between the $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ isotopes was studied and the composition of groundwater was determined by the method of α -spectrometry.

Implementation of the research results. Based on the studies carried out on the extraction of uranium from reclamation solutions during the processing of uranium dumps of Uchkuduk of the Navoi Mining and Metallurgical Combine:

the advanced uranium production technology has been introduced in the uranium waste processing department of the geotechnical mine of the Northern Mining Administration (certificate of the Navoi Mining and Metallurgical Combine No. 02-06-07/3689 dated April 6, 2021). As a result, the extraction with a high content of uranium from off-balance uranium-containing waste was achieved;

technological regulations that take into account the decrease in the mechanical properties of the resin under the influence of negative temperatures on the quality of ion-exchange resins in the technological processes of sorption and transportation of uranium has been introduced in the geotechnological mine of the Northern Ore Administration (certificate of the Navoi Mining and Metallurgical Combine No. 02-06-07/3689 dated April 6, 2021). As a result, the freezing of ion-exchange

resins at seasonal negative temperatures was prevented and the possibility of increasing their reuse in technological processes was obtained.

The structure and volume of the thesis. The content of the dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of references and appendices. The volume of the dissertation is 113 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть, part I)

1. Музафаров А.М., Шарафутдинов У.З., Донияров Н.А., Ражаббоев И.М. Современное состояние радиоэкологической обстановки производства Навоийского ГМК и его влияние в экосистему // Экологический вестник Узбекистана. – Ташкент, 2016. – №9. – С. 15-17 (04.00.00; №1).

2. Sharipov Kh.T., Sharafutdinov U.Z., Rajabboev I.M., Khujaev J.E. Analysis of productive solutions and uranium sorption on anionites // Austrian Journal of Technical and Natural Sciences. – Austria, 2017. – №1-2. – pp. 111-113 (02.00.00; №2).

3. Шарипов Х.Т., Шарафутдинов У.З., Ражаббоев И.М. Современные требования к контролю природных вод по радиационным признакам // Экологический вестник Узбекистана. – Ташкент, 2017. – №1. – С. 26-28 (04.00.00; №1).

4. Ражаббоев И.М., Шарафутдинов У.З., Остонов О.И., Нурмуротова Ш.О. Исследования влияния хлорид-ионов в процессе сорбции и десорбции урана // Universum: технические науки. – Москва, 2021. – №3. – С. 64-67 (02.00.00; №1).

5. Музафаров А.М., Кулматов Р.А., Ражаббоев И.М., Ёкубов О.М. Способ дезактивации загрязненных почв участков подземного выщелачивания урана // Горный информационно-аналитический бюллетень. – Москва, 2021. – №3-1. – С. 119-126 (04.00.00. №15).

6. Шарафутдинов У.З., Ражаббоев И.М., Дониев Ф.Ф., Остонова Ф.И. Уранни ер остида танлаб эритишда қўлланиладиган қатронларга паст ҳароратни таъсирини тадқиқ қилиш // Ўзбекистон кончилик хабарномаси. – Навоий, 2021. – №2. – 108-110 б. (04.00.00; №3).

II бўлим (II часть; part II)

7. Жиянов А.Б., Буриев Ш.У., Ражаббоев И.М., Каршиев Ш.Б. Способы интенсификации подземного выщелачивания урана из трудноизвлекаемых руд месторождений Узбекистана // Вестник науки и образования. – Москва, 2020. – №15 (93). – С. 16-18.

8. Шарафутдинов У.З., Донияров Н.А., Ражаббоев И.М. Исследование влияния низких температур на ионообменные смолы при сорбции урана // «XXI аср – интеллектуал авлод асри» мавзусидаги худудий анжуман материаллари. – Навоий: Навоий давлат кончилик институти, 13-14 июн 2014 й. – 443 б.

9. Шарафутдинов У.З., Ражаббоев И.М., Темиров Б.У. Уранни ер остида танлаб эритишда ишлатиладиган ионалмашув қатронларига паст ҳароратни таъсири // «Кон-металлургия мажмуаси: ютуқлар, замонавий муаммолари ва ривожланиш тенденциялари» мавзусидаги Халқаро илмий амалий анжуман

материаллари. – Навоий: Навоий давлат кончилиқ институти, 19-21 ноябр 2015 й. – 173 б.

10. Шарафутдинов У.З., Ражаббоев И.М., Темиров Б.У. Комплексный подход при технологии обработки месторождения Мейлисай методом подземного выщелачивания // Актуальные вопросы химической технологии и защиты окружающей среды. – Чебоксары, 26-27 ноября 2015 г. – С. 152-153.

11. Ражаббоев И.М., Шавкиева М.Т., Эргашев Ш.Х. Исследование нарушения радиоактивного равновесия между изотопами урана в урановых продуктах // Материалы XX-го Международного научного симпозиума им. акад. М.А.Усова на тему: «Проблемы геологии и освоения недр». – Томск, 4-8 апреля 2016 г. – С. 492-493.

12. Шарафутдинов У.З., Ражаббоев И.М. Уранни ер остида танлаб эритишда ишлатиладиган қатронларни сифат кўрсатгичлари // «Кон-металлургия мажмуаси: ютуқлар, муаммолар ва инновацион ривожланиш истикболлари» мавзусидаги Халқаро илмий амалий анжуман материаллари. – Навоий: Навоий давлат кончилиқ институти, 15-16 ноябр 2016 й. – 146 б.

13. Sattarov G.S., Khujaev J.E., Rajabboev I.M., Muzafarov A.M., Sharafutdinov U.Z. Estimation methods of influence of anthropogenic factors of gold and uranium production on ecosystem // V International scientific conference. – Prague, 25-26 February 2017 y. – pp. 93-97.

14. Назаров В.Ф., Урдабаев Н.Э., Шарафутдинов У.З., Бозоралиев М.Р., Ражаббоев И.М. Опыт использования окислителей их эффективность // Материалы Международной научно-технической конференции на тему: «Перспективы инновационного развития горно-металлургического комплекса». – Навои: Навоийский государственный горный институт, 22-23 ноября 2018 г. – С. 155.

15. Шарафутдинов У.З., Ражаббоев И.М. Навоий кон-металлургия комбинатида уран ишлаб чиқаришнинг замонавий радиоэкологик ҳолати ва уларнинг экологияга таъсири // «Инновацион техника ва технологияларнинг атроф муҳит муҳофазаси соҳасидаги муаммо ва истикболлар» мавзусидаги Халқаро илмий-техник анжумани тўплами. – Тошкент 17-19 сентябр, 2020 й. 185-187 б.

16. Ражаббоев И.М., Остонов О.И. Учқудук уран кон чиқиндиларини уюмда танлаб эритиш жараёни орқали қайта ишлаш технологияси // «Янгиланаётган Ўзбекистонда фан, таълим ва инновация уйғунлиги» мавзусидаги Республика 2-сон кўп тармоқли илмий-масофавий онлайн конференция. – Тошкент, 3 декабр 2020 й. – 337-339 б.

17. Ражаббоев И.М., Дониев Ф.Ф., Питаков Й.Г. Исследование влияния депрессанта на основе хлорид-иона в процессе добычи урана // Материалы X-ой Международной научно-практической конференции на тему: «Современные тенденции и инновации в науке и производстве». – Кузбасс: Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф.Горбачева. – Филиал КузГТУ в г. Междуреченске, 22 апреля 2021 г. – С. 158.1-158.5.

Автореферат «Ўзбекистон кончилик хабарномаси» журнали таҳририятида таҳрирдан ўтказилиб, ўзбек, рус ва инглиз тилларидаги матнлар ўзаро мувофиқлаштирилди.

Бичими 60x84 1/16. Ризограф босма усули. Times гарнитураси.

Шартли босма табоғи: 2,75. Адади 100. Буюртма №43.

Баҳоси келишилган нархда.

«ЎзР Фанлар Академияси Асосий кутубхонаси» босмахонасида чоп этилган.

Босмахона манзили: 100170, Тошкент ш., Зиёлилар кўчаси, 13-уй.