

ИСЛОМ КАРИМОВ номидаги **ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА**
УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ «ФАН ВА ТАРАҚҚИЁТ» ДАВЛАТ
УНИТАР КОРХОНАСИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.03/30.12.2019.К/Т.03.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ

ҚАРШИ МУҲАНДИСЛИК - ИҚТИСОДИЁТ ИНСТИТУТИ
«ФАН ВА ТАРАҚҚИЁТ» ДАВЛАТ УНИТАР КОРХОНАСИ

ХУЖАКУЛОВ АМИРЖОН МУРОДОВИЧ

ТОҒ-ҚОН САНОАТИ ТАШЛАНДИҚ ЭРИТМАЛАРИДАН РЕНИЙ
АЖРАТИБ ОЛИШ ТЕХНОЛОГИЯСИНИ ТАДҚИҚ ҚИЛИШ ВА
ЯРАТИШ

05.02.01. - Машинасозликда материалшунослик. Қуймачилик. Металларга термик ва
босим остида ишлов бериш. Қора, рангли ва ноёб металлар металлургияси
(техника фанлари)

ТЕХНИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ

Тошкент – 2024

Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси автореферати мундарижаси

Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)

Content of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)

Хўжақулов Амиржон Муродович

Тоғ-кон саноати ташландиқ эритмаларидан рений ажратиб олиш технологиясини тадқиқ қилиш ва яратиш3

Хужақулов Амиржон Муродович

Создание и разработка технологии извлечения рения из отходов горнодобывающей промышленности23

Xujaqulov Amirjon Murodovich

Research and development of technology for rhenium extraction from mining wastes.....42

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ
List of published works.....45

ИСЛОМ КАРИМОВ номидаги **ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА**
УНИВЕРСИТЕТИ ХУЗУРИДАГИ «ФАН ВА ТАРАҚҚИЁТ» ДАВЛАТ
УНИТАР КОРХОНАСИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.03/30.12.2019.К/Т.03.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ

ҚАРШИ МУҲАНДИСЛИК - ИҚТИСОДИЁТ ИНСТИТУТИ
«ФАН ВА ТАРАҚҚИЁТ» ДАВЛАТ УНИТАР КОРХОНАСИ

ХУЖАКУЛОВ АМИРЖОН МУРОДОВИЧ

ТОҒ-КОН САНОАТИ ТАШЛАНДИҚ ЭРИТМАЛАРИДАН РЕНИЙ
АЖРАТИБ ОЛИШ ТЕХНОЛОГИЯСИНИ ТАДҚИҚ ҚИЛИШ ВА
ЯРАТИШ

05.02.01. - Машинасозликда материалшунослик. Қуймачилик. Металларга термик ва
босим остида ишлов бериш. Қора, рангли ва ноёб металлар металлургияси
(техника фанлари)

ТЕХНИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ

Тошкент – 2024

Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Олий таълим, фан ва инновациялар Вазирлиги хузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2023.4.PhD/Т4204 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Қарши муҳандислик - иқтисодиёт институти ва Ислоҳ Каримов номидаги Тошкент давлат техника университети «Фан ва тараққиёт» давлат унитар корхонасида бажарилган.

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

Илмий раҳбар:

Шодиев Аббос Неъмат ўғли
техника фанлари доктори, доцент

Расмий оппонентлар:

Воҳидов Баҳриддин Раҳмиддинович
техника фанлари доктори, доцент

Бозоров Аминжон Нуриллоевич
техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD)

Етакчи ташкилот:

“Минерал ресурслар институти” ДК

Диссертация ҳимояси Ислоҳ Каримов номидаги Тошкент давлат техника университети хузуридаги «Фан ва тараққиёт» ДУК хузуридаги DSc.03/30.12.2019.К/Т.03.01 рақамли Илмий кенгашнинг 2024 йил «__» _____ соат 11⁰⁰ даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100174, Тошкент шаҳри, Мирзо Ғолиб кўчаси, 7а-уй. Тел.: (99871) 246-39-28; факс: (99871) 227-12-73; e-mail: www.gupft.uz «Фан ва тараққиёт» ДУК биноси, 2-қават, анжуманлар зали).

Диссертация билан «Фан ва тараққиёт» ДУКнинг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин. (№3-24-рақам билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100174, Тошкент шаҳри, Мирзо Ғолиб кўчаси, 7а-уй. Тел.: (99871) 246-39-28; факс: (99871) 227-12-73).

Диссертация автореферати 2024 йил «__» _____ куни тарқатилди.
(2024 йил «9» январдаги №3-24 -рақамли реестр баённомаси).

С.С. Негматов

Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш раиси, ЎЗР ФА академиги, т.ф.д., профессор

М.Э. Икрамова

Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш илмий котиби, т.ф.д., к.и.х.

А.М. Эминов

Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш қошидаги илмий семинар раиси, т.ф.д., профессор

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD)диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Ҳозирги вақтда жаҳон амалиётида аммоний перренат ва кимёвий тоза рений металига бўлган кенг миқёсдаги талаб кун сайин ортиб бормоқда. Бу борада, жумладан техноген чиқиндиларни қайта ишлаш орқали рений металини ва унинг кимёвий тоза бирикмаларини олишнинг янги усуллари ишлаб чиқиш, мавжуд технологик жараёнларни такомиллаштириш, минерал хомашёлардан юқори сифатли маҳсулот ишлаб чиқариш, уларнинг физик-кимёвий ва технологик хусусиятларини комплекс ўрганиш ва ноёб металлларни ажратиб олишнинг экологик тоза технологиясини ишлаб чиқиш муҳим аҳамиятга эга.

Дунёда металлургия саноатини ривожлантириш, юқори ҳароратларга чидамли энергия тежамкор металл ишлаб чиқариш ва техноген чиқиндиларни қайта ишлаш орқали қимматбаҳо ва ноёб металлларни ажратиб олишнинг такомиллашган технологияларини яратиш борасида илмий тадқиқотлар олиб борилмоқда. Бу борада, жумладан техноген чиқиндилар таркибида рангли ва нодир металллар концентрациясини уларнинг рудаларидаги миқдоридан ошириш, технологик жараёнларнинг физик-кимёвий асосларини, рений ва бошқа қимматбаҳо компонентлари ажратиб олиш кўрсаткичларининг ошишига таъсир қилувчи омилларни ҳамда оқова сувларни утилизация қилиш жараёнининг чуқур таҳлил қилиниши фан ва амалиётнинг ривожланишида алоҳида аҳамиятга эга.

Республикамызда металлургия саноати молибден ишлаб чиқаришнинг суюқ чиқинди ва эритмаларни қайта ишлашнинг илғор сода-сорбцион технологиясини яратиш бўйича илмий изланишларга катта эътибор қаратилган ҳолда давлат стратегик ва иқтисодий аҳамиятга эга бўлган чора-тадбирлар ҳаётга татбиқ этилиб, муайян натижаларга эришилмоқда. Янги Ўзбекистонни янада ривожлантириш бўйича тараққиёт стратегиясида «... миллий иқтисодиёт барқарорлигини таъминлаш ва ялпи ички маҳсулотда саноат улушини оширишга қаратилган саноат сиёсатини давом эттириб, саноат маҳсулотларини ишлаб чиқариш ҳажмини ошириш...»¹ бўйича муҳим вазифалар белгилаб берилган. Бу борада, молибден саноатида қимматбаҳо компонентларни ажратиб олиш даражасини ошириш, техноген чиқиндилардаги рений ва бошқа қимматли компонентлар миқдорини максимал даражада камайтириш, рений саноатида такомиллаштирилган ион алмашиниш технологиясини ишлаб чиқиш ва жорий этиш катта аҳамият касб этади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2019 йил 4 октябрдаги №ПҚ-4477-сон «Ўзбекистон Республикасини 2019-2030 йиллар учун “яшил иқтисодиёт” га ўтиш стратегиясини тасдиқлаш тўғрисида»ги, 2021 йил 24 июндаги №ПҚ-5159-сон “Кон-металлургия саноати ва унга боғлиқ соҳаларни ривожлантириш бўйича қўшимча чора-тадбирлар тўғрисида”ги Қарорлари

¹ Ўзбекистон Республикаси Президентининг “2022 — 2026 йилларга мўлжалланган Янги Ўзбекистоннинг тараққиёт стратегияси тўғрисида”ги 2022 йил 28 январдаги №ПФ-60-сонли Фармони

ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги. Мазкур тадқиқот республика фан ва технологияларни ривожлантиришнинг VIII. “Ер тўғрисидаги фанлар (геология, геофизика, сейсмология ва минерал хомашёларни қайта ишлаш)” устувор йўналишига мувофиқ бажарилган.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Рангли металллар сақлаган рудалар, техноген чиқиндилар ва иккиламчи маҳсулотларидан ноёб ва қимматбаҳо металлларни ажратиб олиш бўйича металлургия саноати ривожига улкан ҳисса қўшган маҳаллий ва хорижий олимлар, жумладан, Зеликман А.Н., Killeffer D.H., Linz A., Evans E., Norton F.J., Chellinger A.K., Гаев А.И., Угорец М.З., Сошникова Л.А., Шадрунова И.В., T. Utigard, C. Hernandez, T.Ressler, П.Александров, G. Ramadorai, L.Aleman-Vazquez, Адамов Э.В., Меретуков М.А., Кондратьева Т.Ф., Lu Wang, Chung-Yang Bu, Bin Hu, Liqiang Mai, J.J. Robinson, J.J.Heizmann, Кожаметов С.М., Шарипов Х.Т., Хасанов А.С., Пирматов Э.А., Шодиев А.Н. ва бошқалар.

Мавжуд ишларни таҳлил қилиш асосида шуни таъкидлаш керакки, сода-сорбцияли танлаб эритиш самарадорлигини ошириш бўйича кенг қамровли тадқиқотлар ўтказилган бўлиб, рений металини олиш усуллари ишлаб чиқилган. Тадқиқотлар натижасида рений сорбциясида ишлатиладиган ион алмашинадиган қатронлар турлари кенгайиб, содали эритмалардан рений ажратиб олиш ва рангли ҳамда қимматбаҳо металлларни кўшимча равишда ажратиб олиш жараёнлари ўрганилган. Бироқ сорбция жараёнининг механизмлари ва кинетикаси, аммоний перенатни чўктириш технологияларининг босқичлари батафсил ёритилмаган. Мазкур диссертация иши молибден ишлаб чиқариш саноатининг суяқ ва қаттиқ эритмаларидан рений ва ноёб металлларни олишнинг такомиллаштирилган технологиясини яратиш ва ишлаб чиқишга бағишланган.

Тадқиқотнинг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Қарши муҳандислик-иқтисодиёт институти илмий тадқиқот режасига мувофиқ: №А-ОТ-2019-4- «ОКМК ИИЧБ чиқиндилари ва оралиқ маҳсулотларидаги қимматбаҳо компонентларни (W, Mo, Fe, Re, Au, Ag, Cu) техник ва минералогик баҳолаш ва уларни ажратиб олиш ва тайёр маҳсулотларни - перенат аммоний, молибденли аммоний шаклда ҳамда таркибида нодир металлларни сақлаган мис бойитмаларини олиш, технологиясини ишлаб чиқиш» (2019-2021 йй.) мавзусидаги илмий тадқиқот лойиҳалари доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади тоғ-кон саноати ташландиқ эритмаларидан рений ажратиб олиш технологиясини яратишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

технологик чиқиндиларни ва молибден саноати ташландиқ эритмаларини ҳосил бўлишини ўрганиш;

содали танлаб эритишнинг кимёвий тадқиқоти, молибден саноати ташландиқ эритмаларининг кимёвий ва минералогик таркибини ўрганиш;

оптимал сорбентни танлаш мақсадида турли хил қатронларда сорбциялаш жараёнини ва ренийни содали-сорбциялаш жараёни шароитларини ўрганиш;

А – 170 маркали ион алмашинувчи қатронлар иштирокида ташландиқ эритмалардан рений (VII) анионларини ион алмашинувчи ажратиб олиш жараёнини жадаллаштириш физик-кимёвий асосларини ўрганиш;

мураккаб таркибли ташландиқ эритмалардан металларни ажратиб олиш учун сорбциянинг мақбул шароитларини аниқлаш ва жараённинг кинетик параметрларини ўрганиш;

назарий ва амалий тадқиқотлар натижалари ва уларнинг таҳлиллари асосида рений ва бошқа қимматбаҳо компонентларни ташландиқ эритмалар ва қаттиқ чиқиндилардан ажратиб олишнинг самарали технологиясини ишлаб чиқиш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида «Олмалиқ тоғ-металлургия комбинати» АЖ нинг «Ноёб металлар ва қаттиқ қотишмалар» илмий-ишлаб чиқариш бирлашмаси гидрометаллургик ишлаб чиқариш саноатининг ташландиқ эритмалари олинган.

Тадқиқотнинг предметини молибден саноати чиқиндиларидан рений ва рангли металларни ажратиб олишнинг самарали технологиясини яратиш ташкил этган.

Тадқиқотнинг усуллари. Диссертация ишини бажаришда замонавий комплекс тадқиқот усуллари, шу жумладан рентген структурали таҳлил, кимёвий таҳлил усуллари, сканерловчи электрон микроскопик таҳлил (SEM-EDX) дан фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

молибден ишлаб чиқариш саноати чиқиндиларидан ренийни олиш учун сорбция жараёнининг оптимал параметрлари аниқланган;

содали эритмалардан ренийни сорбциялаш жараёни учун А – 170 маркали ион алмашинувчи қатронлар мақбул сорбентлар эканлиги асосланган;

ташландиқ кек ва чиқиндиларни содали танлаб эритиш жараёни кинетикаси, ренийни танлаб эритиш термодинамикаси ва сорбциялаш жараёнлари натижалари асосида ион алмашиш технологиясининг оптимал параметрлари аниқланган;

содали - сорбциялаш технологиясини қўллаган ҳолда ташландиқ эритмалардан рений ва рангли металларни ажратиб олишнинг технологик схемаси ва аппаратлар занжир схемаси ишлаб чиқилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

А – 170 маркали ионалмашинувчи қатронлар иштирокида ташландиқ эритмалардан ренийни ажратиб олиш жараёнининг оптимал технологик параметрлари аниқланган;

содали - сорбциялаш технологиясини қўллаган ҳолда ташландиқ эритмалардан рений ва рангли металлларни ажратиб олишнинг янги технологик схемаси ишлаб чиқилган;

цементациялаш ва мис бойитмасини конвертерлаш орқали қўшимча мис ва нодир металлларни олиш технологияси ишлаб чиқилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончилиги замонавий технологиялар ва дастурий воситаларидан фойдаланган ҳолда лаборатория тажрибалари ва ярим саноат синовлари натижаларининг бир-бирига яқинлиги, қайта ишлаш натижасида олинган маҳсулот сифатини лаборатория ва тажриба саноат синовлари актлари билан тасдиқланганлиги, ўтказилган лаборатория ва ярим-саноат тажрибалари синовларининг сезиларли ижобий натижаларга эришилганлиги билан асосланган.

Тадқиқотнинг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқотнинг илмий аҳамияти қаттиқ чиқинди ва ташландиқ эритмалар таркибидаги рений, мис, темир ва нодир металллар ионларининг жойлашиш ўрнини аниқланганлиги ва мураккаб таркибли тузли ташландиқ нитрат ва сульфат эритмаларидан молибден ва ренийни ажратиб олиш учун танлаб олинган оптимал ион алмашинув қатронларини назарий ва амалий жиҳатдан асосланганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамиятини техноген чиқиндилардан рений, мис, темир ва нодир металлларни ҳамда қимматбаҳо компонентларни ажратиб олиш билан бирга молибден ва парамолибдат аммоний (ПМА) тузларининг қайта кристалланиш йўли билан олиниши ҳамда уларни тайёр маҳсулот сифатида ажратиб, юқори ҳароратларга чидамли деталларни ишлаб чиқаришда қўллашга хизмат қилади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Тоғ-кон саноати ташландиқ эритмаларидан рений ажратиб олиш технологиясини яратиш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

чиқинди эритмалардан ноёб метални ажратиб олишнинг такомиллаштирилган технологияси «Олмалиқ кон-металлургия комбинати» АЖда мис эритиш заводида жорий этилган («Олмалиқ кон-металлургия комбинати» АЖнинг 2023 йил 27 декабрдаги 12-23/01-2126 - сон маълумотномаси). Натижада, ташландиқ эритмадан ренийни ажратиб олиш даражаси ошишига ҳамда қўшимча миқдорда мис, олтин ва кумуш металлларини олиш имконини берган;

ноёб металлларни содали-сорбциялаб танлаб эритиш технологияси ҳамда содали ва шлам майдонлари ташландиқ эритмаларидан ион алмашинув смолаларини қўллаб ренийни селектив ажратиб олиш технологияси «Олмалиқ тоғ-металлургия комбинати» АЖ мис эритиш заводида жорий этилган («Олмалиқ тоғ-металлургия комбинати» АЖнинг 2023 йил 27 декабрдаги 12-23/01-2126-сон маълумотномаси). Натижада, молибден саноати ташландиқ чиқиндиларидан ренийни ажратиб олишни 80-85 % гача ошириш имконини берган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Мазкур тадқиқотнинг натижалари 2 та халқаро ҳамда 6 та республика миқёсидаги илмий-амалий анжуманларда муҳокама қилинган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилиниши. Диссертация мавзуси бўйича жами 13 та илмий иш чоп этилган, шулардан 1 та монография, Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг диссертациялар асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларда 4 та мақола, жумладан 2 та республика ва 2 та хорижий журналларда нашр этилган.

Диссертациянинг тузилиш ва ҳажми. Диссертация таркиби кириш, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 118 бетни ташкил этган.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида олиб борилган тадқиқотнинг долзарблиги ва унга бўлган талаб, тадқиқот мақсади ва вазифалари асосланган, тадқиқот объекти ва предмети тавсифланган, тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига боғлиқлиги кўрсатилган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари баён қилинган, олинган натижаларнинг илмий ва амалий аҳамияти очиб берилган, тадқиқот натижаларининг амалиётга қўлланиш бўйича тавсиялар, нашр қилинган ишлар ва диссертация тузилиши келтирилган.

«Ренийли ярим маҳсулотларни қайта ишлашнинг замонавий технологиялари ва хом ашёларни комплекс қайта ишлашнинг долзарб муаммолари» деб номланган биринчи бобида адабиётлар таҳлили келтирилган бўлиб, бунда молибден, рений, мис, темир ва нодир металлларни ажратиб олишнинг бугунги кунда қўлланилаётган технологияларининг афзаллик ва камчиликлари муҳокама қилинган, шунингдек молибден саноати қаттиқ чиқинди ва ташландиқ эритмаларини қайта ишлашнинг анъанавий технологиялари таҳлил қилинган.

Адабиётлар таҳлили бўлимида техноген эритмалардан ренийни ажратиб олишнинг ион алмашинув технологиялари кўриб чиқилган, ренийни ажратиш даражасини ошириш усуллари ўрганилган, шунингдек қаттиқ чиқиндилардан ренийни нитрат кислотали қайта ишлаш хорижий технологиялари ўрганилган. Адабиётлар таҳлили натижалари юқори самарали катронлар иштирокида ренийни сорбциялаш жараёнларини жадаллаштириш усуллари тадқиқ қилиш долзарб вазифалардан эканлигини белгилаб беради.

«Ташландиқ эритмалардан рений ажратиб олиш объектлари ва усуллари» деб номланган иккинчи бобида қаттиқ ва суюқ чиқиндиларни ҳосил бўлиши бўйича тадқиқот объектлари аниқланди. Ўрганилаётган материалларнинг кимёвий ва минералогик таркиби - тадқиқот объектлари ўрганилди ва таҳлил қилиниб кимёвий ва минералогик таҳлил маълумотлари асосида қаттиқ чиқиндилар ва саноат оқова сувларидан қимматбаҳо таркибий қисмларни ажратиб олиш бўйича тадқиқот усуллари ишлаб чиқилди ҳамда

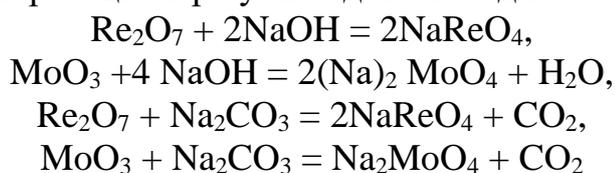
ҳар бир тажриба учун ишлар кетма-кетлиги ишлаб чиқилган, яъни, шлам кекини магнитли ажратиш синовини ўтказиш, молибден, мис ва бошқа таркибий металлларни танлаб эритмага ўтказиш, эритмадан мисни чўктириш, молибден ва рений сақлаган эритмалардан уларни сорбциялаб ажратиб олиш ва ташландиқ эритмалардан фойдаланиб уларни зарарсизлантириш бўйича жараёнлар кетма-кетлиги ишлаб чиқилди.

ИСП-спектроскопия таҳлиллари гиллар ва нодир металлларни ўз ичига олган лой кеклари қимматли техноген хом ашё эканлигини аниқлади. Асосий компонентлар таркибига кўра ўртача намуналари (%): 0,03 Re; 4,8 Mo, (шу жумладан 2,1 оксидланган ва 2,7 сульфид); 1,2 Мис; 0,24 W, а ҳам 9,5 Fe; 4,3 SiO₂; As, P излари; 6,0 гача ион алмашинадиган қатронлар (ишлатилган); саноат чиқиндилари (тошлар, ёғоч бўлаклари ва бошқалар) ва 42 (ва ундан юқори) намлик.

Рентген фазали таҳлиллар натижалари ташландиқ кекидаги асосий компонентларнинг пайдо бўлиш шакллари аниқлади: Fe(OH)₃·30H₂O, MoO₂, MoO₃, MoS₂, CuMoO₄, ZnMoO₄, CaMoO₄, PbMoO₄, Fe₂(MoO₄)₃ каби. шунингдек темир гидроксиди устида адсорбцияланган волфрам, мис ва молибден шакллари аниқланди. Чиқинди майдонидан намуналар олинди ва ўртачалаштришдан сўнг таҳлиллар ўтказилди.

Олмалиқ кон-металлургия комбинати АЖнинг НМ ва ҚҚ ИИЧБда аралаштирилган эритмадан молибден, мис, рений ва қимматбаҳо металлларни ажратиб олиш технологиясини ишлаб чиқиш бўйича тадқиқотлар ўтказиш учун услуб ишлаб чиқилди.

Диссертациянинг **«Технологик чиқиндилардан қимматбаҳо компонентларни ажратиб олиш параметрларини тадқиқ қилиш ва аниқлаш»** деб номланган учинчи бобида ренийни ишқорий ва содали танлаб эритиш жараёни кўрсатилган. Ренийни (шунингдек, молибденни) оксидланган шакллардан (масалан, куйинди) ишқор ва сода билан танлаб эритиш унчалик қийин эмас ва қуйидаги реакциялар бўйича давом этади:



Реагентни танлаш куйиндидаги аралашмалар таркибига боғлиқ. Мис ва повеллитнинг таркиби юқори бўлса сода ишлатилади, чунки аммиак мисни ювишда унумсиз сарфланади ва CaMoO₄ ни эритмайди.

Тандаб эритиш қуйидаги режимда амалга оширилади:

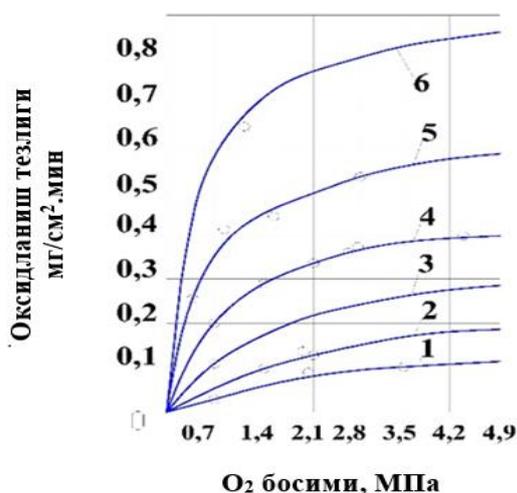
сода концентрацияси 8-10%;

pH = 7 – 8,7;

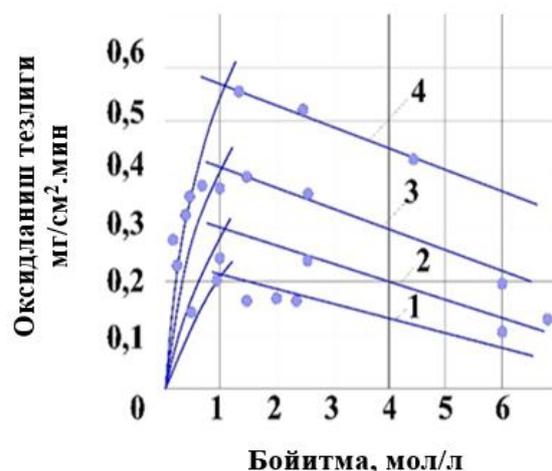
Қ:С=1:5;

t=90-100°C.

Ренийни (ва молибденни) молибденитдан ишқорий ва содали танлаб эритиш фақат оксидланиш-қайтарилиш жараёнлари иштирокида, яъни оксидловчи моддалар иштирокида амалга ошириш мумкин.



1-расм. MoS_2 оксидланиш тезлигининг турли ҳароратларда O_2 босимига боғлиқлиги



2-расм. Оксидланиш тезлигининг KOH концентрациясига боғлиқлиги

1-расмда. MoS_2 нинг оксидланиш тезлигининг турли ҳароратларда O_2 босимига боғлиқлигини ва 2-расмда оксидланиш тезлиги KOH концентрациясига боғлиқлигини кўрсатади.

1-жадвал

Ташландиқ эритма pH нинг Puoralite -170 қатронининг умумий динамик ҳажмли сиғими таъсири (V ҳажм=250 мл)

Эритманинг pH	Умумий динамик ҳажмли сиғим ReO_4^{-1} ва Re нинг 1 мл қатронга нисбатан			
	ReO_4^{-1}	Re	УДХС Re мг/мл	Эслатма
2,5	69,0	46,0	184,0	Re вақт ўтиши билан қисман чўкади
3,0	68,0	45,3	181,2	Re вақт ўтиши билан қисман чўкади
3,5	65,0	43,3	173,2	Re чўкмага тушмайди
4,0	64,0	42,6	170,4	Re чўкмага тушмайди

1 мл қатрон учун ўртача УДХС қиймати 177,0 г / мл ни ташкил қилади.

1-жадвалдан кўришиб турибдики, эритманинг pH қийматининг пасайиши билан қатроннинг рений билан алмашилиш қобилияти юқори pH қийматига эга бўлган бошқа эритмаларга қараганда ва эритманинг pH қийматининг ошиши билан ($\text{pH} > 5$), қатроннинг алмашинув қобилияти пасаяди. Шунинг учун pH 4,0 бўлган эритмадан ReO_4 ионларининг сорбцияси оптимал ҳисобланади.

Муҳитнинг pH ва сорбция-десорбция кўплигининг ионитларнинг алмашинув қувватига таъсирини ўрганиш учун олинган натижаларга

асосланиб, сорбция учун берилган эритманинг рН қиймати 3,0-4,0 бўлиши кераклиги аниқланди ва бу шароитда Puoralite A-170 катрони УДАС ўртача қийматига эга 78 мг/мл дан молибден сорбциясидан кейин ташландик эритмадан рений ажратиб олишнинг технологик параметрлари ҳам ўрнатилди. Рений сорбциясидан сўнг иккиламчи ташландик эритмалари улардан тайёр натрий нитрат (селитра) маҳсулотларини чиқариш билан утилизация қилиш учун юборилади.

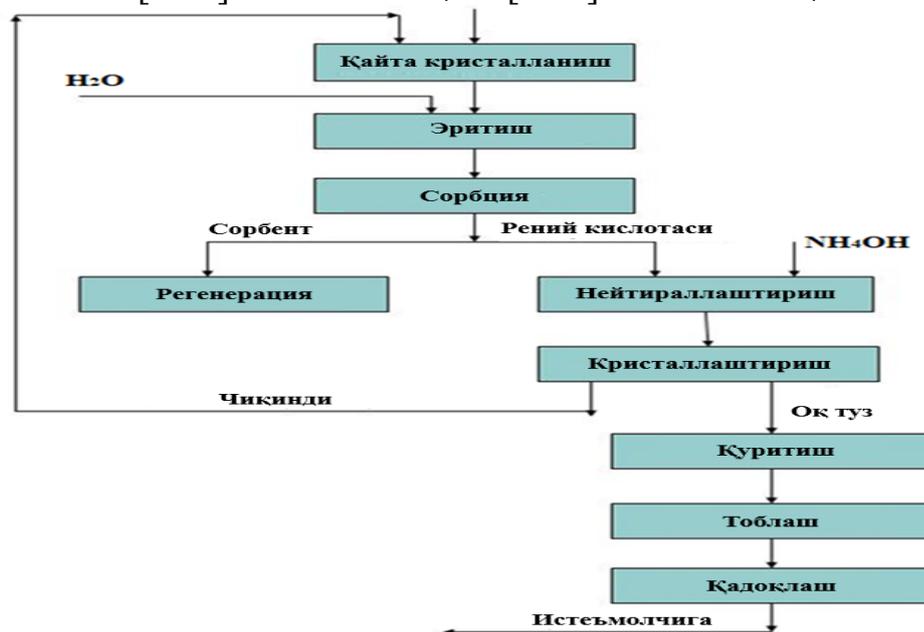
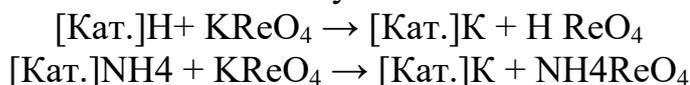
Қоида тариқасида, ҳомаки аммоний перренати таркибида калий перренатлар, рух, кадмий ва бошқалар аралашмалари мавжуд ва бу тузларнинг барчасидан фақат калий перренат аммоний перренатга қараганда камроқ эрийди. Шунинг учун аммоний перренатнинг қайта кристалланишининг якуний маҳсулотлари аммоний перренатнинг калий таркибидир. 2-жадвалда хомаки аммоний перренатнинг тахминий таркиби кўрсатилган.

2-жадвал

Хомаки аммоний перренатнинг таркиби, %

Re	S	Na	K	Ca	Mg	Mn	Mo	Fe	Al	Si	Ni	Cu
64,3	5,95	0,1	0,2	0,05	0,0015	0,0003	0,0005	0,0036	0,0007	0,04	0,0008	0,005

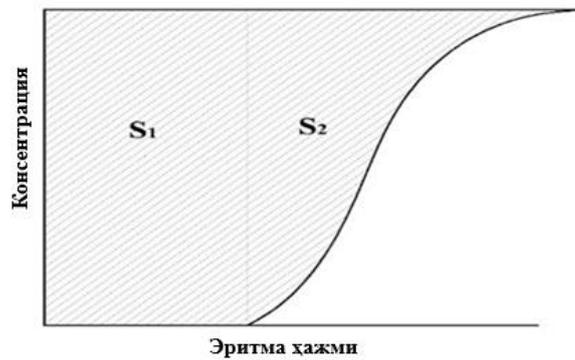
Соф рений бирикмаларини олишнинг энг универсал, содда ва ишончли усули ион алмашинувидир. Аммоний перренатни аралашмалардан икки усулда тозалаш мумкин - анион алмашинуви ва катион алмашинуви ёрдамида:



3-расм. Аммоний перренатни тозалаш бўлинмасининг технологик схемаси

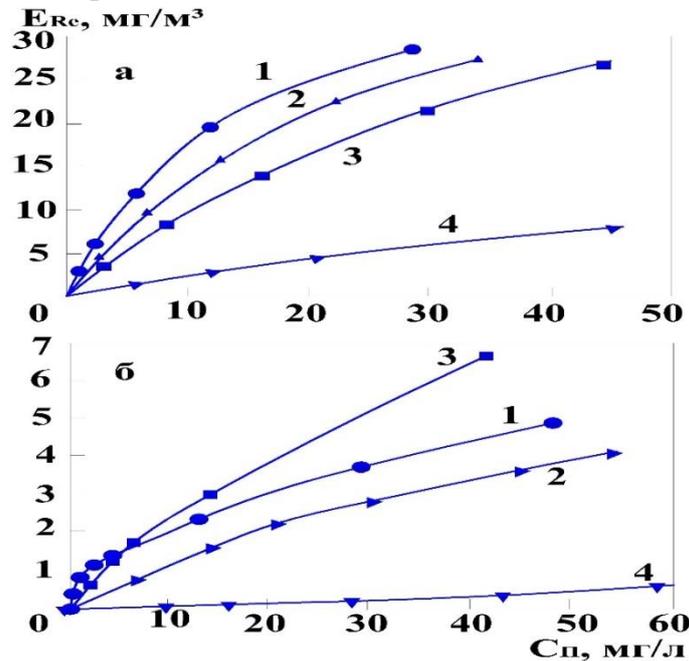
Сульфат кислотада (600 г/л H₂SO₄) юқори концентрланган эритмалар учун сульфат кислотани ювиш учун характерли бўлса, рений сорбцияси бўйича энг яхши натижалар А-170 анионит ёрдамида олинган (3-расм).

Чиқишнинг сорбция эгри чизиғи ион алмашинувчи томонидан колонка чиқишидаги ион концентрациясининг колонкадан ўтган эритма ҳажмига боғлиқлигини ифодалайди.

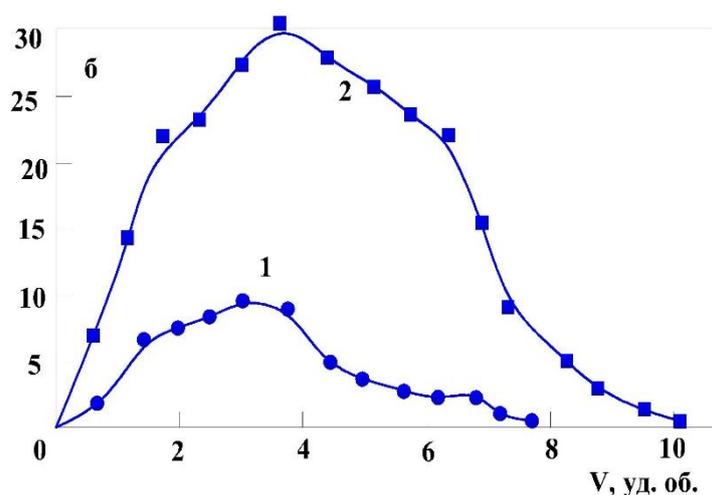


4-расм. Чиқиш сорбцияси эгри чизиғи

Чиқиш эгри чизиғи ва координата ўқлари билан чегараланган майдон (S_1+S_2) умумий динамик ҳажмли алмашинув сиғими (УДХС), S_1 майдони иш қобилиятига (юришдан олдин) мос келади. Катион алмашинувчилари ва анион алмашинувчилари дастлаб маълум бир белгининг қарши ионлари билан "зарядланган" (тўйинган). Шунинг учун H^+ , NH_4^+ , Na^+ ; кўринишдаги катион алмашинувчилар ҳақида гапириш одатий ҳолдир; SO_4^{2-} , Cl^- , OH^- шаклидаги анион алмашинувчилар ҳақида.



5-расм. Рений сорбцияси бўйича энг яхши натижалар анионит А - 170 ёрдамида олинган



6-расм. Анионит А-170 дан ва (таққослаш учун) анионит ВП – 14П дан 10%-ли NH₄OH эритмаси билан рений десорбциясининг чиқиш эгри чизиқлари

6-расмда анионит А-170 дан ва (таққослаш учун) анионит ВП – 14П дан 10%-ли NH₄OH эритмаси билан рений десорбциясининг чиқиш эгри чизиқлари кўрсатилган. Тақдим этилган маълумотлар анионит А-170 нинг ренийнинг сифим хусусиятлари ва аммиак эритмаси билан десорбциясининг тўлиқлиги жиҳатидан афзаллигини кўрсатади.

3-жадвал

Ренийнинг циклларда сорбция – десорбцияси натижалари

Анионит А-170 (свежий)	Даст Re мг/г	1 цикл			5 цикл			10 цикл		
		Тўйин Re мг/г	Қолд Re мг/г	Е %	Тўйин Re мг/г	Қолд Re мг/г	Е %	Тўйин Re мг/г	Қолд Re мг/г	Е %
	0,00	5,08	1,05	79,3	4,98	1,08	78,3	4,99	1,08	78,4

Ренийнинг аммиак билан десорбцияси 45°С ҳароратда ва 50 г/л NH₄OH концентрациясида амалга оширилиши керак. 3-жадвалда ренийнинг сорбцион-десорбцион цикллардаги ҳатти-ҳаракатлари ҳақида маълумотлар келтирилган.

Сорбция шартлари: аралаштириш режими вақти 24 соат, ҳарорат 20-25 °С, VCM нисбати: VP-P = 1: 1000, эритма рН 1,7.

Десорбсия учун шартлар: қўзғатувчи режим вақти 6 соат, ҳарорат 45°С, VCM нисбати: VP-P = 1:5, концентрацияси 50 г/л NH₄OH бўлган аммиак эритмаси.

Диссертациянинг “Технологик чиқиндилар ва молибден ишлаб чиқариш эритмаларини қайта ишлашнинг такомиллаштирилган технологиясини ишлаб чиқиш” деб номланган тўртинчи бобида тажриба-саноат синовлари келтирилган ва назарий тадқиқотлар ҳамда лаборатория тажрибалари натижалари тасдиқланган.

Мураккаб таркибдаги чиқинди эритмаларида мис, молибден, темир, рений ва бошқа металллар мавжуд 4-жадвалда кўрсатилган.

**Чикинди майдонидан олинган ўртача намуналар бўйича суюқ
чикиндиларни таҳлил қилиш натижалари**

Элементлар бирикмалар	Миқдори, мг/л	Элементлар бирикмалар	Миқдори, мг/л
Рений	1,87-9,18	Барий	6,15-35,8
Молибден	7,43-86,9	Алюминий	13,63-100,44
Мис	14,67-1320	Титан	5,0-30,0
Қўрғошин	2,71-5,20	Темир	67,33-599,54
Мышьяк	0,4	Қалай	0,33-3,64
Олтингугурт	1,59	Рух	60,5-752,74
Кремний оксиди	28,2	Галлий	0,0001-0,0003
Кальций	962,4-4193,3	Олтин, г/т	0,32-4,04
Магний	28,1-966,1	Кумуш, г/т	1,03-14,09
Марганец	3,36-28,5		

Чикинди майдонидан чикиндилар ва эритмаларни қайта ишлашнинг якуний маҳсулотлари амалдаги ДСТБ (ГОСТ) стандартларига тўлиқ жавоб берадиган аммоний молибден кислотаси -АМК ва аммоний рений кислотаси -АРК эди. ОКМК АЖ “НМ ва ҚҚ” ИИЧБ технологик чикиндиларини қайта ишлашнинг асосий технологик схемаси 7-расмда келтирилган.

Технология қуйидагича амалга оширилади: Қ:С = 1:2-2,5 да шлам майдонидан олдиндан филтрланган бўтана дозаловчи реакторига киради ва магнитли фракцияни (темирни) магнитсиздан ажратиш учун магнит сепараторга юборилади. Магнитли фракция таркибида 30,0% гача темир бўлган бойитма сифатида чиқарилади. Молибден, темир ва бошқа аралашмаларнинг сульфидли бирикмаларини ўз ичига олган шламли бўтананинг магнитсиз қисми филтрлаш йўли билан ажратилиб, сода эритмасидан ўтказилди, ҳосил бўлган маҳсулдор эритма кремний, фосфор ва мышьяк аралашмаларидан тозалаш учун юборилди. Шламли кек магнит билан ажратилгандан сўнг олинган эритма шлам майдонидан чикинди эритмасининг тозаланган қисми билан аралаштирилади. Аралаштирилган эритмадан ҳисобланган миқдорда натрий сульфид кўшилган ҳолда мис чўктирилди. Таркибида рений ва молибден бўлган ташландиқ суюқлик шлам кекининг магнит бўлмаган қисмини содали эритма билан танлаб эритишнинг маҳсулдор эритмаси билан бирлаштирилди.

**Олинган тетрамолибдат аммоний -ТМА ва парамолибдат аммоний
-ПМА намуналарининг кимёвий таркиби**

Кўрсаткич нома	Норма						
	Ts 00193950-083:2018		ГОСТ 2677-78	Тажриба №			
Масса улуши	1 нав	2 нав		Тажриба №1	Тажриба №2	Тажриба №3	Тажриба №4

Молибден ангидрид (MoO ₃), % дан кам эмас	76	74	78	67,33	83,66	92,87	91,17
Темир (Fe)%, дан кўп эмас	0,03	0,2	0,007	0,0025	0,004	0,017	0,007
Алюминий (Al)%, дан кўп эмас	0,005	0,04	0,005	0,0014	0,0014	0,0018	0,0017
Никель (Ni)%, дан кўп эмас	0,001	0,001	0,005	0,001	0,001	0,011	0,0037
Марганец (Mn)%, дан кўп эмас			0,01	0,001	0,001	0,001	0,001
Кремний(Si)%, дан кўп эмас	0,05	0,3	0,01	0,006	0,005	0,008	0,004
Кальций (Ca)%, дан кўп эмас			0,004	0,006	0,003	0,005	0,005
Магний (Mg)%, дан кўп эмас	0,001	0,001	0,0015	0,004	0,002	0,0036	0,0026
Мишьяк (As)%, дан кўп эмас	0,003	0,003	0,003	0,002	0,002	0,002	0,002
Фосфор (P)%, дан кўп эмас	0,002	0,002	0,002	0,002	0,003		

Олинган эритма аралашмалардан тозаланади. Шлам майдонидан олинган эритма ва шлам кекининг магнитсиз қисмини танлаб эритишнинг махсулдор эритмаси ҳам кремний, фосфор ва мишьяк аралашмаларидан тозаланди. Тозаланган эритмадан сорбция усулида молибден ва рений олинди. Молибденни сорбциялаш «Purolite» А-100 (Mo) маркали қатрони орқали, кўзғалмас сорбент қатламли, кетма-кет уланган олтита колоннада амалга оширилди. Тўйинган смоладан молибден аммиак эритмаси билан десорбцияланди ва ҳосил бўлган аммоний молибдат эритмасидан тетрамолибдат аммоний (ТМА) тузлари кристалланди, ундан парамолибдат аммоний (ПМА) тузлари қайта кристалланиш йўли билан олинди. Молибден (раффинат) сорбциядан жараёнидан сўнг ташландиқ суюқлик Purolite -170 қатронида ренийни сорбция қилиш учун юборилди. Рений сорбцияси ва десорбцияси цикллари кўзғалмас сорбент қатлами билан кетма-кет боғланган бешта колоннада амалга оширилди. Рений тўйинган қатрондан аммиак эритмаси билан десорбция қилинди ва ҳосил бўлган аммоний рений эритмаси буғлатиш, эритмадан совутиш ва аммоний рений кислотаси (АРК) тузининг кристалланиши орқали концентрацияга йўналтирилди.

Технология куйидаги технологик схема ва аппаратлар занжир схемаси бўйича амалга оширилади (7 ва 8 расм): Қ:С = 1:5-6 да шлам майдонидан бўтана шаклидаги чиқиндилар дозалаш реакторига қуйилади, магнитли фракция (темир) ажратгичда ажратилади, қаттиқ чиқиндилар суюқ фазадан филтрлаш орқали магнитсиз фракциядан ажратилади, мис натрий сульфид билан чўкма, молибден ва ренийни ўз ичига олган эритма сорбция

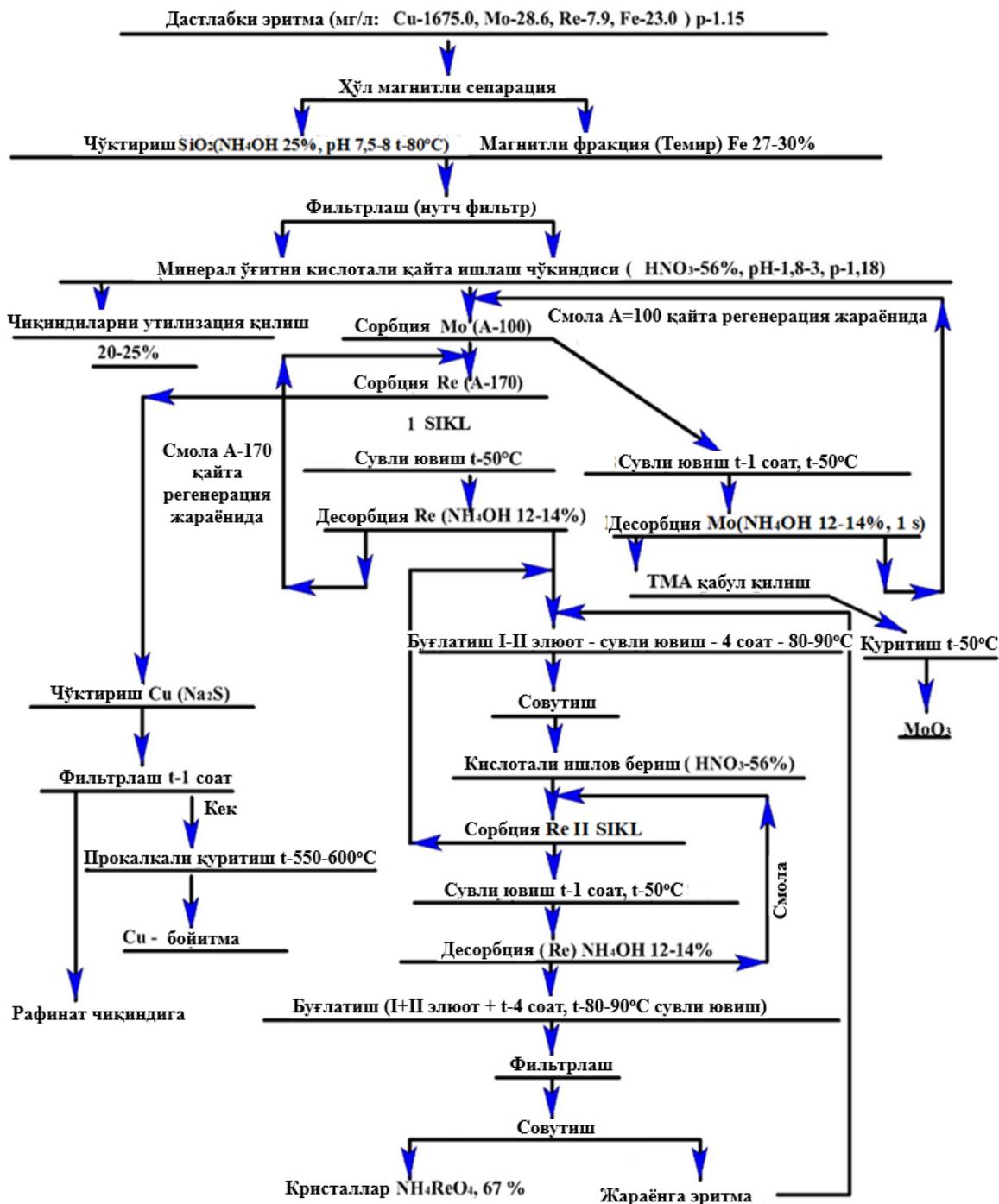
бўлинмасига юборилади. Динамик шароитда сорбция жараёнига статик омиллар (ион алмашинуви мувозанати параметрлари), кинетик омиллар (алмашинув тезлиги) ва эритманинг тезлиги таъсир қилади. Уларнинг бир вақтнинг ўзида ҳисобга олиш сорбция динамикасини беради.

Адабий манбалардан динамик шароитда сорбциянинг икки даври тушунчасини биламиз: 1) тенг концентрацияли фронтнинг (ишчи қатлам) ҳосил бўлиш даври τ_0 ; 2); тенг концентрацияли фронтнинг параллел ўтказиш даври, $\tau_{\text{пар}}$. Молибден сорбцияси А-100 (Мо) сорбентда кетма-кет уланган олтига колоннада амалга оширилади; молибден билан тўйинган қатрон десорбция ва АМК ишлаб чиқариш ва қатронларни қайта регенерациялаш учун юборилади. Сорбцион колонналар каскадидан эритмадан ажралиб чиққан молибден (рафинат) А-170 қатронида рений сорбциясининг иккинчи циклига юборилади. Рений сорбциясининг иккинчи цикли биринчи циклга ўхшаш кетма-кет уланган бешта колоннада амалга оширилади. Қатронлар тўйингандан сўнг, рений элюати десорбцияланади ва ювувчи сув ҳажмининг 50% гача буғланади ва аммоний рений тузлари (АРК) совутиш орқали эритмадан кристалланади.

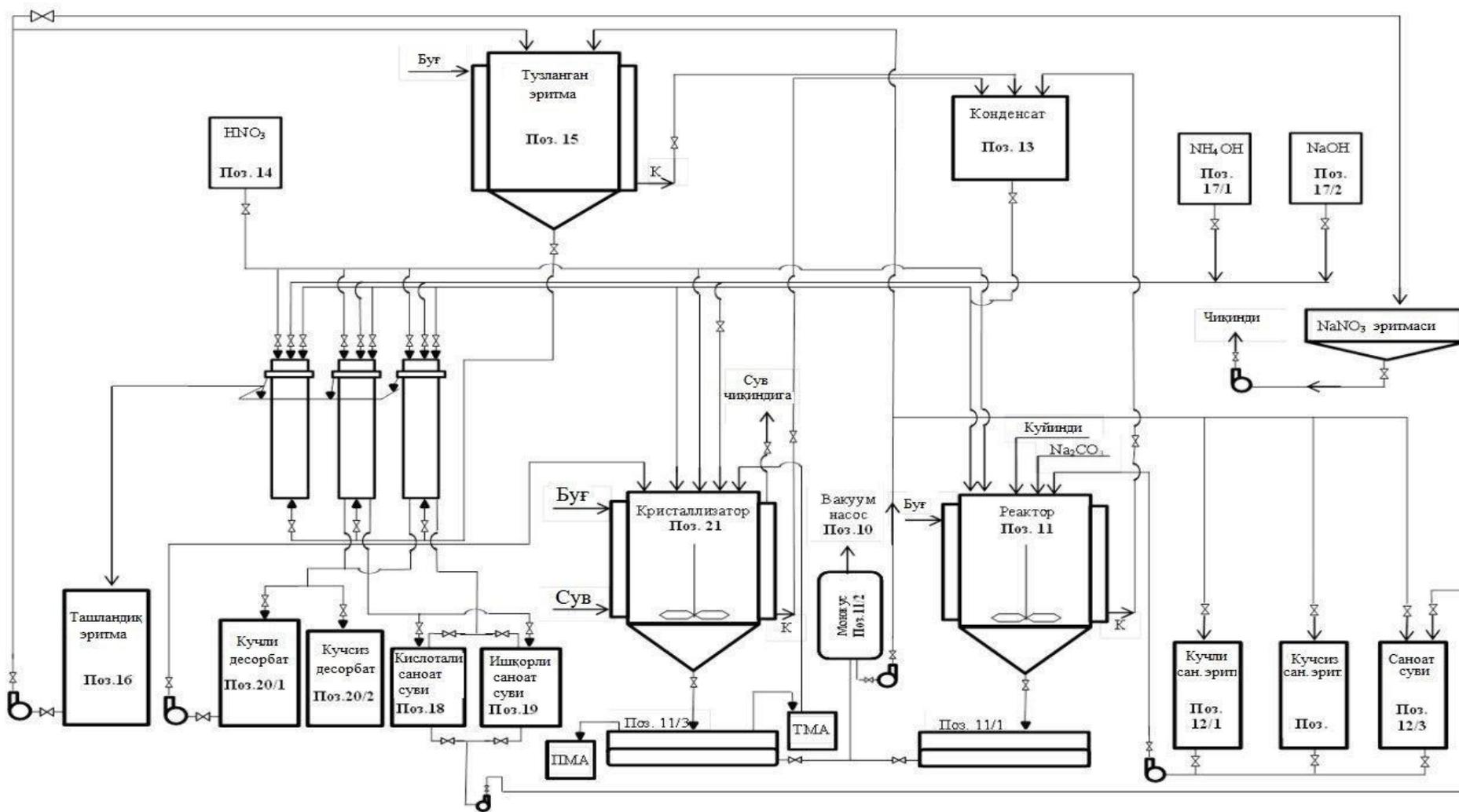
Лаборатория тажрибалари ва ярим саноат тажрибалари ўтказилган синовлар натижасида магнитли саралашда 70% темир таркибида 29,6% гача бўлган темир бойитма сифатида ажратилади, 90% гача мис ҳосилдор сода-сульфат эритмасидан чўкма шаклида олинади, мис сульфиди, анионит а-100 (Мо) молибден эритмасидан 92,0 -95,1% АМК да, рений 65,0 - 71,0% анионит А-170 билан олинади.

“Олмалиқ КМК” АЖ МЭЗ қошидаги янги ишлаб чиқилган ярим-саноат ускунасида тажрибалар ўтказилди. Тажрибалар натижалари лаборатория тажрибалари натижаларини тўлиқ тасдиқлади, натижада олинган тайёр маҳсулотлари ГОСТ нинг амалдаги талабларига АМК, АРК лар тўлиқ мос келади.

Ушбу технологияни жорий этиш қимматбаҳо компонентларни кўшимча ажратиб олиш ҳисобига шубҳасиз иқтисодий самара беради ва саноат чиқиндилари тўпланадиган жойларда экологик вазиятни яхшилайти.



7-расм. “Олмалиқ КМК” АЖ “НМ ва ҚҚ” ИИЧБ молибден ишлаб чиқариш саноати чиқиндиларини комплекс қайта ишлаш технологик схемаси.



8-расм. Тажриба-саноат бўлимнинг дастгохлар занжири схемаси

ХУЛОСАЛАР

1. Магнетит миқдори $1,33 \text{ т/м}^3$, ўртача таркиби %: $-0,03 \text{ Re}$; $-4,8 \text{ Mo}$ (шундан $2,1$ оксидланган кўринишда ва $2,7$ сульфид ҳолатида); $1,2 \text{ Cu}$; $0,24 \text{ W}$, шунингдек $9,5 \text{ Fe}$; $4,3 \text{ SiO}_2$ $2,58 \text{ I}$; As , P , Sb кўшимчалар; $6,0$ ион алмашинув қатронлари (ишлатилган); $4,4$ и/ч чиқиндиси (тош, щёпа ва б.) ва 42% лик жигаранг тусга эга бўлган молибден саноати чиқиндиларидан шлам тавсия этилди.

2. Тажриба синовлари натижасида мг/л: $60000 \text{ NH}_4\text{NO}_3$; $80000 \text{ (NH}_4)_2\text{SO}_4$; 45000 NaNO_3 ; $12000 \text{ Na}_2\text{SO}_4$; $7,43\text{-}86,9 \text{ Mo}$; $14,67\text{-}1320 \text{ Cu}$; $2,71\text{-}5,20 \text{ Pb}$; $1,87\text{-}9,18 \text{ Re}$; $0,4 \text{ As}$; $1,59 \text{ S}$; $28,2 \text{ SiO}_2$; $962,24\text{-}4193,3 \text{ Ca}$; $28,1\text{-}966,1 \text{ Mg}$; $13,63\text{-}100,44 \text{ Al}$; $5,0\text{-}30,0 \text{ Ti}$; $67,33\text{-}599,54 \text{ Fe}$; $6,15\text{-}35,8 \text{ Ba}$; $0,32\text{-}4,04 \text{ Au}$; $1,03\text{-}14,09 \text{ Ag}$ суюқ ташландиқ чиқиндиларнинг тузли таркиби тавсия этилди.

3. Ташландиқ кекни содали танлаб эритмага ўтказиш технологияси ишлаб чиқилди ва бунда ренийни ажралиш даражаси 75% гача етди ва мисли чўқинди олиш билан шламли майдондан ташлама эритмаларни тозалаш орқали таркибида $22,4\%$ гача мис бўлган бойитмани олиш технологияси ишлаб чиқилди.

4. Шламли майдон ташланма эритмаларидаги молибден ва ренийнинг аниқланган тузли ва кимёвий таркибига ва ионли ҳолатига асосан уларни активлантирилган кўмирда ва ион алмашинув қатронда сорбциялаш, экстракциялаш усулларида фойдаланиш билан ажратиб олиш тавсия қилинди.

5. Рений ва молибденни намли магнитли сепарация, содали танлаб эритмага ўтказиш, чўктириш, сорбция-десорбция усулларида фойдаланиш билан молибден оксиди ишлаб чиқаришнинг ташланма чиқиндиларини ва эритмаларини комплекс қайта ишлаш технологияси ишлаб чиқилди.

6. Молибденни гидрометаллургик ишлаб чиқариш чиқиндиларини комплекс қайта ишлаш бўйича цех лойиҳасини ишлаб чиқишда фойдаланиш учун технологик регламент ишлаб чиқилди.

7. Сорбциялаш бўлинмаси ташландиқ эритмалардан ГОСТ 828-77 стандартга жавоб берувчи натрийли селитра тайёр маҳсулотини ишлаб чиқариш бўйича техник ечим таклиф қилинди.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.03/30.12.2019.К/Т.03.01 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИТАРНОГО
ПРЕДПРИЯТИЯ «ФАН ВА ТАРАККИЁТ» ТАШКЕНТСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
имени ИСЛАМА КАРИМОВА**

**КАРШИНСКИЙ ИНЖЕНЕРНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ
«ФАН ВА ТАРАККИЁТ»**

ХУЖАКУЛОВ АМИРЖОН МУРОДОВИЧ

**СОЗДАНИЕ И РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ РЕНИЯ
ИЗ ОТХОДОВ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

**05.02.01 – Материаловедение в машиностроении. Литейное производство.
Термическая обработка и обработка металлов давлением. Metallургия черных,
цветных и редких металлов» (технические науки)**

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

Ташкент– 2024

Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан под номером B2023.4.PhD/T4204

Диссертация выполнена в ГУП «Фан ва тараккиёт» Ташкентского государственного технического университета имени Ислама Каримова.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский и английский (резюме)) размещен на веб-странице (www.gupft.uz) и информационно-образовательном портале «ZIYONET» (www.ziyonet.uz).

Научный руководитель:

Шодиев Аббос Неймат ўғли
доктор технических наук, доцент

**Официальные
оппоненты:**

Вохидов Бахриддин Рахмиддинович
доктор технических наук, доцент

Бозоров Аминжон Нуриллоевич
доктор философии по техническим наукам PhD

Ведущая организация:

“Институт минеральных ресурсов” ГУ

Защита диссертации состоится « » _____ 2024 года в 11⁰⁰ часов на заседании научного совета DSc.03/30.12.2019.К/Т.03.01 при ГУП «Фан ва тараккиёт» Ташкентского государственного технического университета имени Ислама Каримова (Адрес: 100174, г. Ташкент, ул. Мирзо Голиба 7а. тел.: (99871) 246-39-28; факс: (99871) 227-12-73; e-mail: fan_va_taraqqiyyot@mail.ru, в здании ГУП «Фан ва тараккиёт», 2 этаж, зал конференций).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре ГУП «Фан ва тараккиёт» (Зарегистрированный номером №25). (Адрес: 100174, г. Ташкент, ул. Мирзо Голиба, 7а. Тел. (99871) 246-39-28, факс: (+99871) 227-12-73).

Автореферат диссертации разослан « » _____ года
(протокол реестра №3-24 от 9 января 2024 г.).

С.С. Негматов

Председатель научного совета по присуждению
ученых степеней, академик АН РУз, д.т.н., профессор

М.Э. Икрамова

Ученый секретарь научного совета по присуждению
ученых степеней, д.т.н., с.н.с.

А.М. Эминов

Председатель научного семинара при научном
совете по присуждению ученых степеней,
д.т.н., профессор.

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мировой практике в настоящее время широкомасштабный спрос на перренат аммония и химически чистый металлический рений растет день ото дня. В этом аспекте, разработка новых методов получения металлического рения и его химически чистых соединений путем переработки техногенных отходов, усовершенствование существующих технологических процессов, получением высококачественных продуктов из минерального сырья, а также комплексные изучение их физико-химических и технологических особенностей и разработка экологически чистой технологии извлечения редких металлов имеет важное значение.

В мире ведутся научные исследования по развитию металлургической промышленности, производству энергоэффективного металла, стойкого к высоким температурам, и созданию усовершенствованных технологий извлечения драгоценных и редких металлов путем переработки техногенных отходов. В связи с этим, включая повышение концентрации цветных и редких металлов в составе техногенных отходов от их содержания в рудах, физико-химические основы технологических процессов, факторы, влияющие на повышение показателей извлечения рения и других ценных компонентов, а также глубокий анализ процесса удаления сточных вод имеет особое значение, а также необходимы в развитии науки и практики.

В металлургической промышленности Республики большое внимание уделяется научным исследованиям по разработке передовых технологий содово-сорбционной технологии для переработки жидких отходов молибденового производства, реализуются меры стратегического и экономического значения и достигаются определенные результаты. В Стратегии дальнейшего развития Нового Узбекистана сформулированы важные задачи, в частности «... увеличивать объемы производства промышленной продукции, продолжая промышленную политику, направленную на обеспечение стабильности национальной экономики и увеличение доли промышленности в валовом внутреннем продукте...»¹. В этом аспекте большое значение имеет разработка и внедрение усовершенствованной технологии ионного обмена в рениевой промышленности, позволяющей повысить уровень извлечения ценных компонентов в молибденовой промышленности, максимально увеличить количество рения и других ценных компонентов в техногенных отходах.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Постановлениях Президента Республики Узбекистан №ПП-4477 от 4 октября 2019 г. «Об утверждении Стратегии перехода Республики Узбекистан к «зеленой» экономике на период 2019-2030 годы», №ПП-5159 от 24 июня 2021 года «О дополнительных мерах

¹ Указ Президента Республики Узбекистан от 28 января 2022 года №УП-60 «О Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022 — 2026 годы».

по развитию горно-металлургической промышленности и смежных отраслей», а также в других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере.

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

Степень изученности проблемы. В области развития металлургической промышленности при извлечении редких и драгоценных металлов из руд содержащие цветные металлы, техногенных отходов и вторичных продуктов, внесли свой значительный вклад такие зарубежные и отечественные ученые: Зеликман А.Н., Killeffer D.H., Linz A., Evans E., Norton F.J., Chellinger A.K., Гаев А.И., Угорец М.З., Сошникова Л.А., Шадрунова И.В., Marin, T. Utigard, C. Hernandez, T.Ressler, П.Александров, G. Ramadorai, L.Aleman-Vazquez, Адамов Э.В., Меретуков М.А., Кондратьева Т.Ф., Шадрунова И.В., Lu Wang, Chung-Yang Bu, Bin Hu, Liqiang Mai, J.J. Robinson, J.J.Heizmann, Кожахметов С.М., Шарипов Х.Т., Хасанов А.С., Пирматов Э.А., Шодиев А.Н. и др.

Исходя из анализа существующих работ, надо отметить, что проведены комплексные исследования и разработаны способы для улучшения показателей содового-сорбционного выщелачивания и в результате исследований расширились типы ионообменных смол, используемых в сорбции рения. Изучены процессы извлечения рения и дополнительное извлечение цветных и благородных металлов из содовых растворов; исследованы механизмы и природа сорбционного процесса, рассмотрены технологии осаждения перената аммония. Настоящая диссертационная работа посвящена исследованию и разработке усовершенствованной технологии извлечения рения и редких металлов из жидких и твердых растворов молибденового производства.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего учебного учреждения. Диссертационное исследование выполнено в рамках плана НИР Каршинского инженерно-экономического института по теме: №А-ОТ-2019-4- «Технико-минералогическая оценка ценных компонентов (W, Mo, Fe, Re, Au, Ag, Cu) в отходах и полупродуктов НПО АГМК и разработка технологии их извлечения и получения товарной продукции-перената аммония, аммония молибденовокислого и медного концентрата, содержащего благородные металлы» (2019-2021 гг.).

Целью исследования является создание технологии извлечения рения из отходов горнодобывающей промышленности.

Задачи исследования:

изучение технологических отходов и образования отработанных растворов молибденовой промышленности;

химическое исследование селективного выщелачивания соды, изучение химического и минералогического состава отработанных растворов молибденовой промышленности;

изучение процесса сорбции в различных смолах и условий проведения процесса содосорбции рения с целью выбора оптимального сорбента;

изучение физико-химических основ ускорения процесса ионообменного извлечения анионов рения (VII) из отработанных растворов в присутствии ионообменных смол марки А-170;

определение оптимальных условий сорбции и изучение кинетических параметров процесса с целью извлечения металлов из отработанных растворов сложного состава;

разработка эффективной технологии извлечения рения и других дорогостоящих компонентов из отработанных растворов и твердых отходов на основе результатов теоретических и прикладных исследований и их анализа.

Объектами исследования являются отходы гидрометаллургического производства молибдена Научно-производственного объединения «Редких металлов и твердых сплавов» АО «Алмалыкский ГМК».

Предметом исследования является создание технологии извлечения рения и цветных металлов из отходов молибденового производства

Методы исследования. В диссертационной работе использованы современные комплексные методы исследования, в том числе рентгеноструктурный анализ, методы химического анализа, сканирующий электронно-микроскопический анализ (SEM-EDX).

Научная новизна исследования заключается в следующем:

определены оптимальные параметры сорбционного процесса для извлечения рения из отходов молибденового производства;

установлено, что оптимальными сорбентами для сорбции рения из содового раствора являются ионообменные смола А-170;

выявлена кинетика процесса содового выщелачивания сбросных кеков и отходов, исследована термодинамика процесса выщелачивания и установлены химические закономерности процесса сорбции рения;

разработана технологическая схема и схема цепи аппаратов извлечения рения и цветных металлов из отходов молибденового производства с применением содово-сорбционной технологии.

Практические результаты исследования заключается в следующем:

определены оптимальные технологические параметры процесса извлечения рения из отработанных растворов в присутствии ионосодержащих смол марки А-170;

разработана новая технологическая схема извлечения рения и цветных металлов из отработанных растворов с использованием содо-сорбционной технологии;

разработана технология дополнительного получения меди и редких металлов путем цементирования и конверсионного обогащения меди.

Достоверность полученных результатов было доказана проведенными лабораторными испытаниями и результатами полупромышленных испытаний с использованием современных технологий и программных средств близки друг к другу, качество продуктов, полученных в результате переработки, подтверждено положительными актами лабораторных и опытно-промышленных испытаний.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследования заключается с теоретически и практическим обоснованием в определении форм нахождения ионов ценных компонентов рения, меди, железа и благородных металлов в твердых отходах и заброшенных растворах, а также подобраны оптимальные ионообменные смолы для извлечения молибдена и рения из засоленных заброшенных нитратных и сульфатных растворов сложного состава.

Практическая значимость результатов исследования заключается в том, что они могут быть получены путем перекристаллизации солей молибдена и парамолибдата аммония (ПМА) совместно с извлечением рения, меди, железа, редких металлов и ценных компонентов из техногенных отходов, а также для извлечения их в виде готовых продуктов и их применения в производстве деталей, устойчивых к высоким температурам.

Внедрение результатов исследования. На основе проведенных научных исследований по созданию технологии извлечения редких металлов из технологических отходов содово-сорбционным способом, получены следующие результаты:

предложена усовершенствованная новая технологическая схема извлечения рения, цветных и благородных металлов из сбросных растворов молибденового производства и внедрена в медеплавильном заводе АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат» (справка АО «АГМК» № 12-23/01-2126 от 27.12.2023 года). В результате обеспечено повышение степени извлечения рения и получения дополнительных продуктов – молибдена, меди, золота и серебра;

разработана технология содово-сорбционного растворения редких металлов и селективного извлечения рения и молибдена из растворов содового выщелачивания и сбросных растворов со шламового поля на ионообменных смолах внедрена в медеплавильном заводе АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат» (справка АО «АГМК» 12-23/01-2126 от 12.27.2023 года). В результате, технология позволила извлечь рений на 80-85% из сбросных растворов молибденового производства.

Апробация результатов исследования. Апробация результатов данного исследования произведена на 2 международных и 6 республиканских научно-практических конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликованы 13 научных работ. Из них 1 монография, 4 научных статей, в том числе 2 в республиканских и 2 в зарубежных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации

основных научных результатов докторских диссертаций.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа изложена в 118 страницах и состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературных источников и приложений.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обосновывается актуальность и востребованность проведенного исследования, цель и задачи исследования, характеризуется 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, внедрение в практику результатов исследования, сведения по опубликованным работам и структуре диссертации.

В первой главе **«Современное состояние технологии переработки рениевых промпродуктов и актуальные вопросы комплексного использования сырья»** приведен обзор литературы, рассмотрены преимущества и недостатки технологий, используемых сегодня для извлечения молибдена, рения, меди, железа и редких металлов, а также анализ традиционных технологий переработки твердых отходов и заброшенных растворов молибденовой промышленности.

В разделе анализа литературы рассмотрены ионообменные технологии извлечения рения из техногенных растворов, изучены методы повышения степени извлечения рения, а также зарубежные технологии азотнокислотной переработки рения из твердых отходов. Результаты анализа литературы определяют, что исследование методов ускорения процессов сорбции рения в присутствии высокоэффективных смол является одной из актуальных задач.

Во второй главе, озаглавленной **«Объекты и методы извлечения рения из заброшенных растворов»**, были определены объекты исследований по образованию твердых и жидких отходов. Химический и минералогический состав исследуемых материалов - были изучены и проанализированы исследовательские объекты на основе данных химического и минералогического анализа, разработаны методы исследования для извлечения ценных компонентов из твердых отходов и промышленных сточных вод, а также разработана последовательность работ для каждого эксперимента, а именно: проведение испытания на магнитную сепарацию осадка, селективный перенос молибдена, меди и других компонентов.

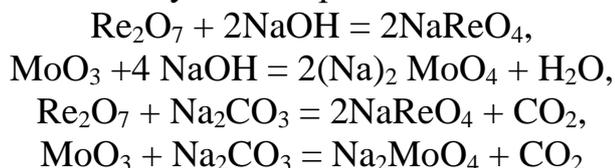
Анализами ИСП – спектроскопии установлено, что шламовые кеки с содержанием цветных и редких металлов представляют собой ценное техногенное сырье. Усредненные пробы кека по содержанию основных компонентов составляют, в (%): 0,03 Re; 4,8 Mo, (в т.ч. 2,1 окисленного и 2,7 сульфидного); 1,2 Cu; 0,24 W, а также 9,5 Fe; 4,3 SiO₂; следы As, P; до 6,0

ионообменных смол (б/у); промышленного мусора (галька, щепа и пр.) и 42 (и выше) влаги.

Результатами рентгенофазовых анализов определены формы нахождения основных компонентов в шламовом кеке: $\text{Fe}(\text{OH})_3 \cdot 30\text{H}_2\text{O}$, MoO_2 , MoO_3 , MoS_2 , CuMoO_4 , ZnMoO_4 , CaMoO_4 , PbMoO_4 , $\text{Fe}_2(\text{MoO}_4)_3$, а также адсорбированные на гидроксиде железа формы меди, молибдена, вольфрама. Проведен отбор представительных проб со шламового поля и после усреднения были выполнены анализы.

Разработана методика для создания технологии извлечения молибдена, меди, рения и драгоценных металлов из смешанного раствора, в НПО ПРМиТС АО «АГМК».

В третьей главе диссертации, озаглавленной **«Исследование и определение параметров извлечения ценных компонентов из технологических отходов»**, показан процесс селективное выщелачивание рения щелочью и содой. Выщелачивание рения (как и молибдена) из окисленных форм (например, из огарка) щелочью и содой не так сложно и протекает в соответствии со следующими реакциями:



Выбор реагента зависит от содержания примесей в огарке. При большом содержании меди и повеллита используют соду, т.к. аммиак непроизводительно расходуется на выщелачивание меди и не растворяет CaMoO_4 .

Выщелачивание ведут в режиме:

концентрация соды 8-10%,

pH = 7 – 8,7;

T:Ж=1:5;

t=90-100°C.

Щелочное и содовое выщелачивание рения (и молибдена) из молибденита возможно только с участием окислительно-восстановительных процессов, то есть с участием окислителей.

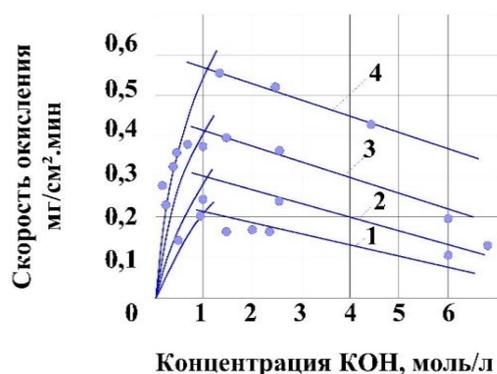
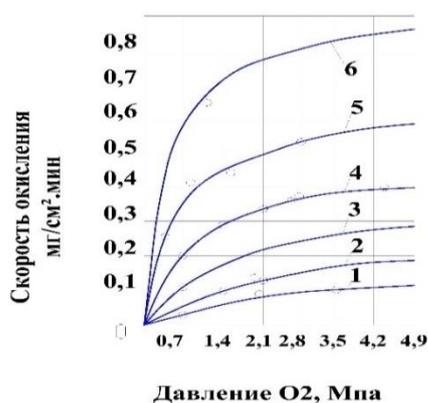


Рис. 1. Зависимость скорости окисления MoS₂ от давления O₂ при различных температурах

Рис. 2. Зависимость скорости окисления от концентрации KOH

На рис. 1. представлена зависимость скорости окисления MoS₂ от давления O₂ при различных температурах, а на рис. 2. скорость окисления от концентрации KOH.

Таблица 1

Влияние pH маточного раствора на полную динамическую объемную емкость (ПДОЕ) смолы Puoralite -170 (V емкость=250 мл)

pH раствора	Полная динамическая обменная емкость (ПДОЕ) по ReO ₄ -1 и Re в расчете на 1 мл смолы			Примечание
	ReO ₄ -1	Re	ПДОЕ по Re мг/мл	
2,5	69,0	46,0	184,0	Re со временем частично выпадает в осадок
3,0	68,0	45,3	181,2	Re со временем частично выпадает в осадок
3,5	65,0	43,3	173,2	Re не выпадает в осадок
4,0	64,0	42,6	170,4	Re не выпадает в осадок

Среднее значение ПДОЕ на 1 мл смолы составляет 177,0г/мл.

Из таблицы 1 видно, что с уменьшением pH раствора обменная емкость смолы по рению увеличивалась, чем в других растворах, имеющих высокие значения pH, а с увеличением pH раствора (pH->5) обменная емкость смолы уменьшается. Поэтому, сорбция ионов ReO₄ из раствора, имеющая pH – 4,0 считается оптимальной.

На основе полученных результатов по изучению влияния pH среды и кратности сорбции-десорбции на обменную емкость ионитов установлено, что pH раствора подаваемый на сорбцию должен быть равным 3,0-4,0 и при этих условиях смола Puoralite A-170 имеет среднее значение ПДОЕ равным 78 мг/мл, также установлены технологические параметры извлечения рения из маточных растворов после сорбции молибдена. Вторичные маточные растворы после сорбции рения направляются на утилизацию с выпуском из них готовой продукции натриевой селитры.

Как правило, черновой перренат аммония содержит примеси перренатов калия, цинка, кадмия и др., причём из всех этих солей менее растворимым чем перренат аммония, является только перренат калия. Поэтому конечными продуктами перекристаллизации перрената аммония являются содержание калия в перренате аммония. В таблице 2 показан примерный состав чернового перрената аммония.

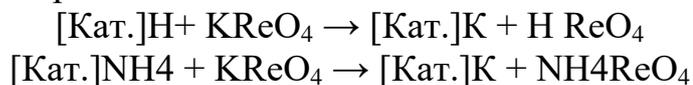
Таблица 2

Состав чернового перрената аммония, %

Re	S	Na	K	Ca	Mg	Mn	Mo	Fe	Al	Si	Ni	Cu
----	---	----	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

64,3	5.95	0.1	0.2	0.05	0.0015	0.0003	0.0005	0.0036	0.0007	0.04	0.0008	0.005
------	------	-----	-----	------	--------	--------	--------	--------	--------	------	--------	-------

Наиболее универсальным, простым и надёжным способом получения чистых соединений рения является ионный обмен. Очистку перрената аммония от примесей можно проводить двумя способами – применением анионного обмена и с применением катионного обмена:



Для более концентрированных по серной кислоте растворов (600 г/л H_2SO_4), характерных для промывной серной кислоты, наилучшие результаты по сорбции рения получены с использованием анионита А - 170 (рис. 3).

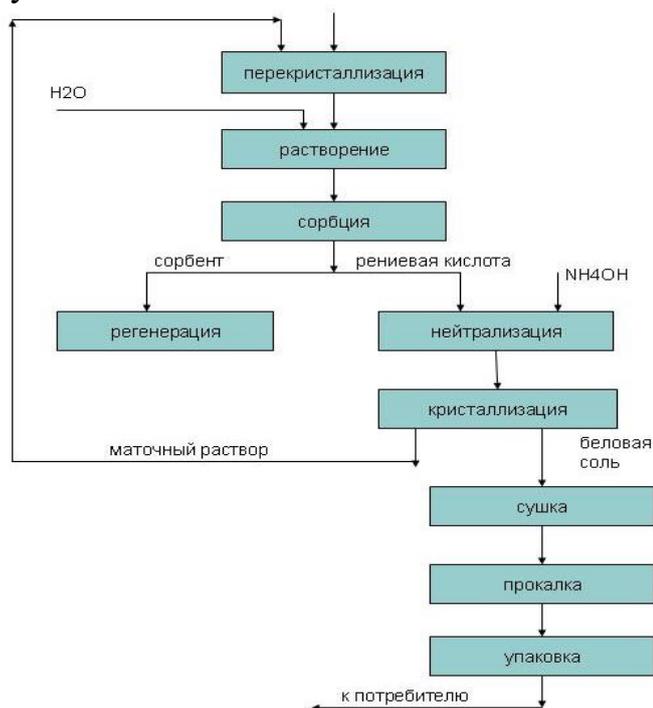


Рис. 3. Технологическая схема узла очистки перрената аммония

Выходная сорбционная кривая представляет собой зависимость концентрации иона, экстрагированного ионообменником, на выходе из колонки от объема прошедшего через колонку раствора.

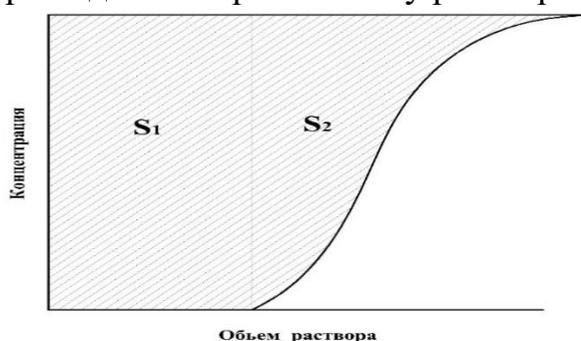


Рис. 4. Выходная сорбционная кривая

Область, ограниченная выходной кривой и осями координат (S1+S2), соответствует полной динамической обменной ёмкости (ПДОЕ), область S1 соответствует рабочей ёмкости (до прорыва). Катиониты и аниониты изначально «заряжены» (насыщены) противоионами определенного знака. Поэтому о катионитах принято говорить в форме H^+ , NH_4^+ , Na^+ ; об анионитах в форме SO_4^{-2} , Cl^- , OH^- .

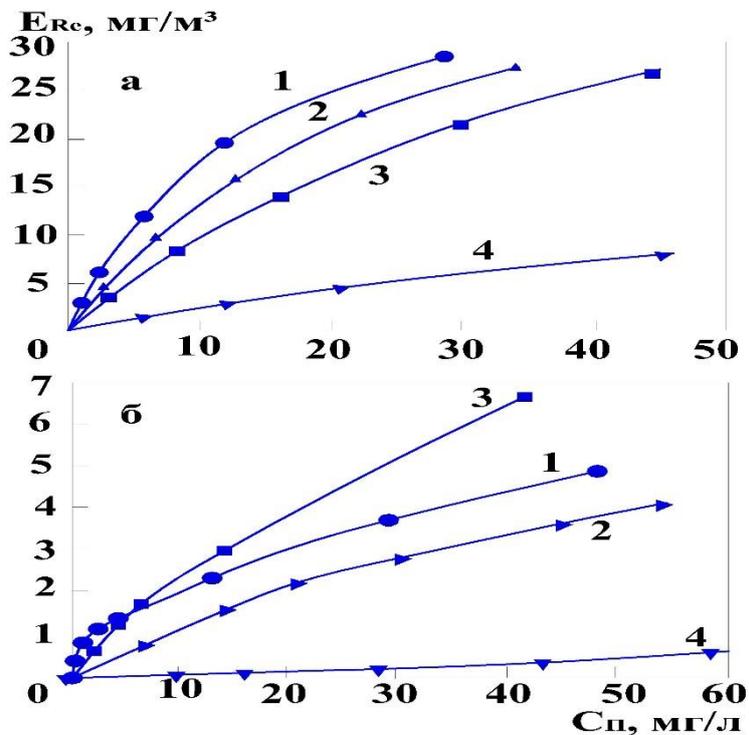


Рис. 5. Наилучшие результаты по сорбции рения получены с использованием анионита А - 170

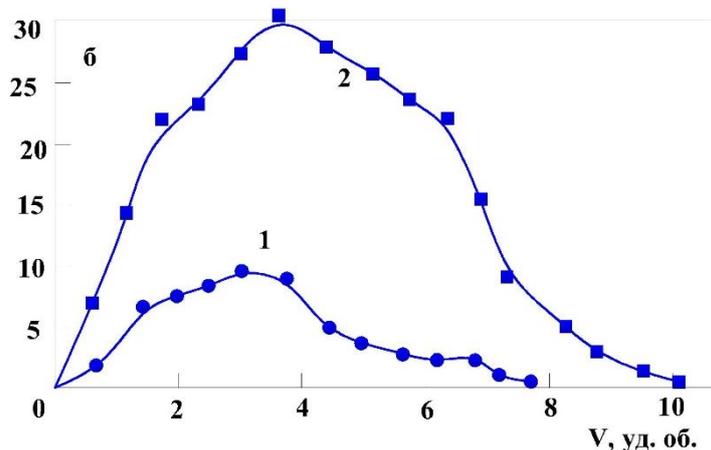


Рис. 6. Выходные кривые десорбции рения из анионита А-170 и (для сравнения) из анионита ВП – 14П 10%-ным раствором NH_4OH

На рис. 6 представлены выходные кривые десорбции рения из анионита А-170 и (для сравнения) из анионита ВП – 14П 10%-ным раствором NH_4OH . Представленные данные свидетельствуют о преимуществе анионита А-170 в отношении как ёмкостных характеристик по рению, так и полноты его десорбции раствором аммиака.

Таблица 3

Результаты по сорбции – десорбции рения в циклах

Анионит А-170 (свежий)	Исх Re мг/г	1-й цикл			5-й цикл			10-й цикл		
		Насыщ Re мг/г	Остат Re мг/г	Е %	Насыщ Re мг/г	Остат Re мг/г	Е %	Насыщ Re мг/г	Остат Re мг/г	Е %
		0,00	5,08	1,05	79,3	4,98	1,08	78,3	4,99	1,08

Десорбцию рения аммиаком необходимо проводить при температуре 45°C и концентрации NH₄OH 50 г/л. В табл. 3. представлены данные по поведению рения в циклах сорбция – десорбция.

Условия проведения сорбции: агитационный режим, время 24 ч, температура 20-25°C, соотношение VCM: VP-P = 1:1000, pH раствора 1,7. Условия проведения десорбции: агитационный режим, время 6 ч, температура 45°C, соотношение VCM: VP-P = 1:5, раствор аммиака с концентрацией 50 г/л NH₄OH.

В четвертой главе диссертации «Разработка усовершенствованной технологии переработки технологических отходов и растворов молибденового производства» приведены результаты опытно-промышленных испытаний подтвержденные результатами теоретических исследований и лабораторных экспериментов.

Сбросные растворы сложного состава, содержат медь, молибден, железо, рений и другие металлы, которые приведены в табл.4.

Таблица 4

Результаты анализа сбросных растворов по усредненным пробам из шламового поля

Элементы соединения	Содержание мг/л	Элементы соединения	Содержание мг/л
Рений	1,87-9,18	Барий	6,15-35,8
Молибден	7,43-86,9	Алюминий	13,63-100,44
Медь	14,67-1320	Титан	5,0-30,0
Свинец	2,71-5,20	Железо	67,33-599,54
Мышьяк	0,4	Олово	0,33-3,64
Сера	1,59	Цинк	60,5-752,74
Диоксид кремния	28,2	Галлий	0,0001-0,0003
Кальций	962,4-4193,3	Золота, г/т	0,32-4,04
Магний	28,1-966,1	Серебро, г/т	1,03-14,09
Марганец	3,36-28,5		
Рений	1,87-9,18		

Конечной продукцией переработки сбросных отходов и растворов со шламового поля были АМК, АРК, которые полностью соответствовали

действующим ГОСТам. Принципиальная технологическая схема переработки технологических отходов с НПО «АО «АГМК» приведена на рисунке 7.

Технология осуществляется следующим образом: предварительно отфильтрованная пульпа со шламового поля при Т:Ж =1:2-2,5 поступает в реактор дозатор и направляется на магнитный сепаратор для отделения магнитной фракции (железо), от немагнитной. Магнитная фракция выделяется в виде концентрата, содержащего до 30,0% железа. Немагнитную часть шламовой пульпы, содержащей сульфидные соединения молибдена, железа и другие примеси, отделяли фильтрацией и подвергали содовому выщелачиванию, полученный продуктивный раствор направляли на очистку от примесей кремния, фосфора и мышьяка. Раствор, полученный после магнитной сепарации шламового кека, смешивали с осветленной частью сбросного раствора со шламового поля. Из смешанного раствора осаждали медь с добавлением расчетного количества сернистого натрия. Маточный раствор, содержащий рений и молибден объединяли с продуктивным раствором содового выщелачивания немагнитной части шламового кека.

Таблица 5

Химический состав полученных опытных образцов ТМА и ПМА

Наименование показателя	Норма						
	Ts 00193950-083:2018		ГОСТ 2677-78	№ опыта			
Массовая доля	Сорт 1	Сорт 2		Опыт №1	Опыт №2	Опыт №3	Опыт №4
Молибденового ангидрида (MoO ₃), % не менее	76	74	78	67,33	83,66	92,87	91,17
Железа (Fe)%, не более	0,03	0,2	0,007	0,0025	0,004	0,017	0,007
Алюминия (Al)%, не более	0,005	0,04	0,005	0,0014	0,0014	0,0018	0,0017
Никеля (Ni)%, не более	0,001	0,001	0,005	0,001	0,001	0,011	0,0037
Марганца (Mn)%, не более			0,01	0,001	0,001	0,001	0,001
Кремния (Si)%, не более	0,05	0,3	0,01	0,006	0,005	0,008	0,004
Кальция (Ca)%, не более			0,004	0,006	0,003	0,005	0,005
Магния (Mg)%, не более	0,001	0,001	0,0015	0,004	0,002	0,0036	0,0026
Мышьяк (As)%, не более	0,003	0,003	0,003	0,002	0,002	0,002	0,002
Фосфор (P)%, не более	0,002	0,002	0,002	0,002	0,003		

Полученный раствор подвергается очистке от примесей. Раствор со шламового поля и продуктивный раствор выщелачивания немагнитной части шламового кека, также подвергали очистке от примесей кремния, фосфора и

мышьяка. Из очищенного раствора сорбционным способом извлекается молибден и рений. Сорбцию молибдена проводили в шести последовательно соединенных колоннах с неподвижным слоем сорбента на ионите «Purolite» марки А-100 (Мо). Из насыщенной смолы раствором аммиака десорбировали молибден, из полученного раствора молибдата аммония кристаллизовали соли тетрамолибдата аммония (ТМА), из которого перекристаллизацией получали соли парамолибдата аммония (ПМА). Маточный раствор после сорбции молибдена (рафинат) направляли на сорбцию рения на смоле «Purolite»-170. Циклы сорбции и десорбции рения осуществляли в последовательно соединенных пяти колоннах с неподвижным слоем сорбента. Из насыщенной смолы осуществили десорбцию рения раствором аммиака, а полученный аммониевый раствор рения направляли на концентрирование упариванием, охлаждением из раствора и кристаллизацией соли аммоний рениево-кислый (АРК).

Технология осуществляется по следующей технологической схеме и схема цепи аппаратов (рис. 7 и 8): отходы в виде пульпы из шламового поля при Т:Ж = 1:5-6 перекачиваются в реактор – дозатор, на сепараторе отделяют магнитную фракцию (железо), из немагнитной фракции фильтрацией отделяют твердые отходы из жидкой фазы медь осаждают сернистым натрием, раствор, содержащий молибден и рений направляют в сорбционный передел. На процесс сорбции в динамических условиях влияют статические факторы (параметры ионообменного равновесия), кинетические факторы (скорость обмена) и скорость движения раствора. Одновременный их учет дает динамику сорбции.

Из литературных источников известно представление о двух периодах сорбции в динамических условиях: 1) периоде формирования фронта равных концентраций (работающего слоя) τ_0 ; 2) периоде параллельного переноса фронта равных концентраций, $\tau_{\text{пар}}$. Сорбцию молибдена проводят в шести последовательно соединенных колоннах на ионите А-100 (Мо), насыщенную молибденом смолу направляют на десорбцию и получение АМК и перезарядку смолы. Вышедший из раствора из каскада колонн сорбции молибден (рафинат) направляют на второй цикл сорбции рения на смоле А-170. Второй цикл сорбции рения осуществляют аналогично первому циклу на пяти последовательно соединенных колоннах. После насыщения смолы осуществляют десорбцию рения элюат и промывную воду подвергают упарке до 50 % объема, охлаждением из раствора кристаллизуют соли аммоний рениевокислого (АРК).

В результате проведенных лабораторных экспериментов и испытаний на опытно-промышленной установке выявлено, что при магнитной сепарации 70 % железа извлекают в виде железного концентрата с содержанием железа до 29,6 %, из продуктивного содо-сульфатного раствора осаждают до 90 % медь в виде сульфида меди, из объединенного раствора на анионите А-100 (Мо) извлекают молибден 92,0÷95,1 % в АМК, на анионите А-170 извлекают рений 65,0 - 71,0 % в АРК.

Проведены испытания в новой разработанной опытно-промышленной установке МПЗ АО «Алмалыкский ГМК». Результаты испытаний полностью подтвердили результаты лабораторных экспериментов, полученная товарная продукция полностью соответствует действующим ГОСТ АМК, АРК.

Внедрение данной технологии даст несомненный экономический эффект благодаря дополнительному извлечению ценных компонентов и улучшит экологическую обстановку в местах скопления техногенных отходов.

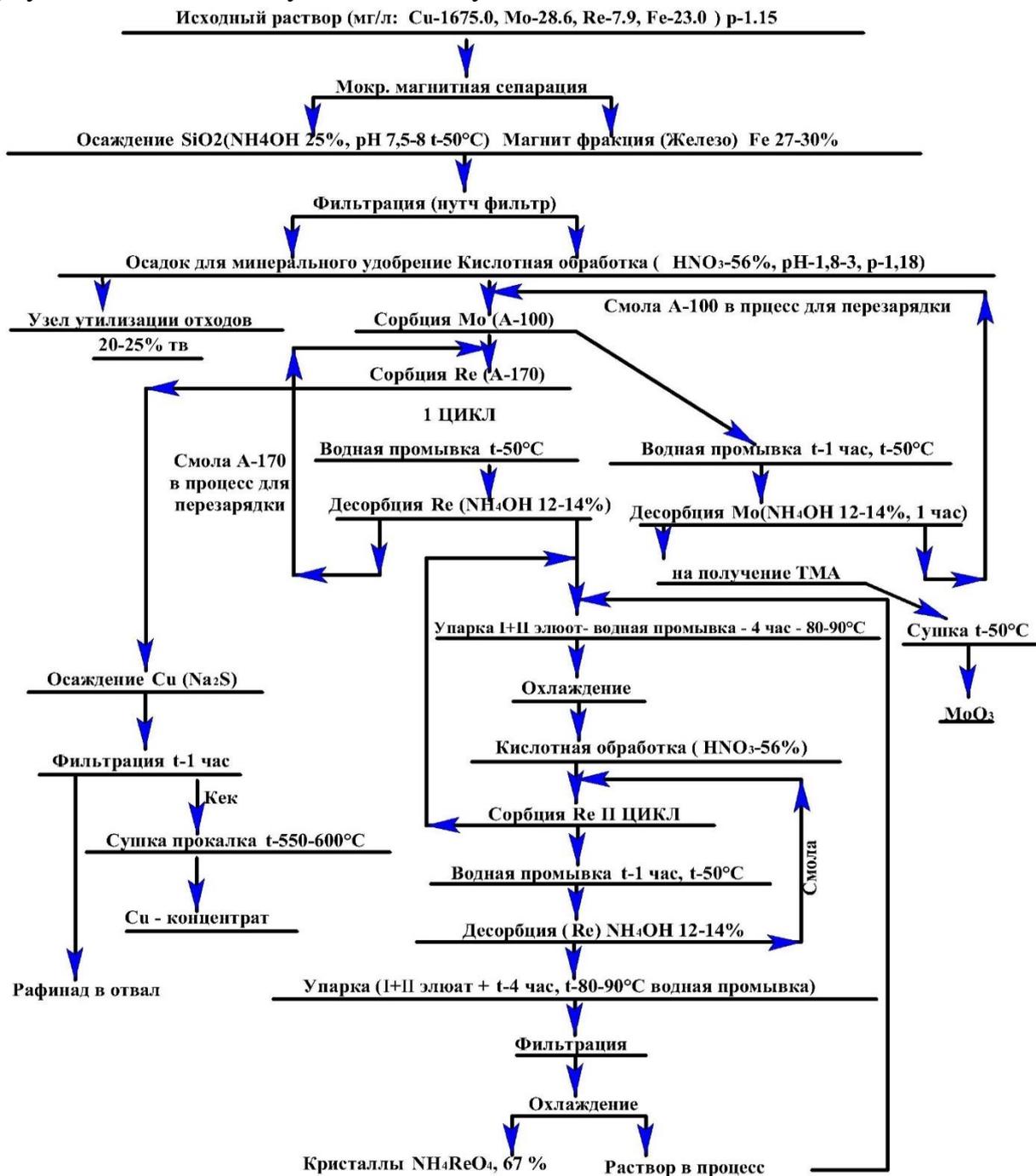


Рис. 7. - Технологическая схема комплексной переработки сбросных растворов молибденового производства НПО «ПРМиТС» АО «АГМК»

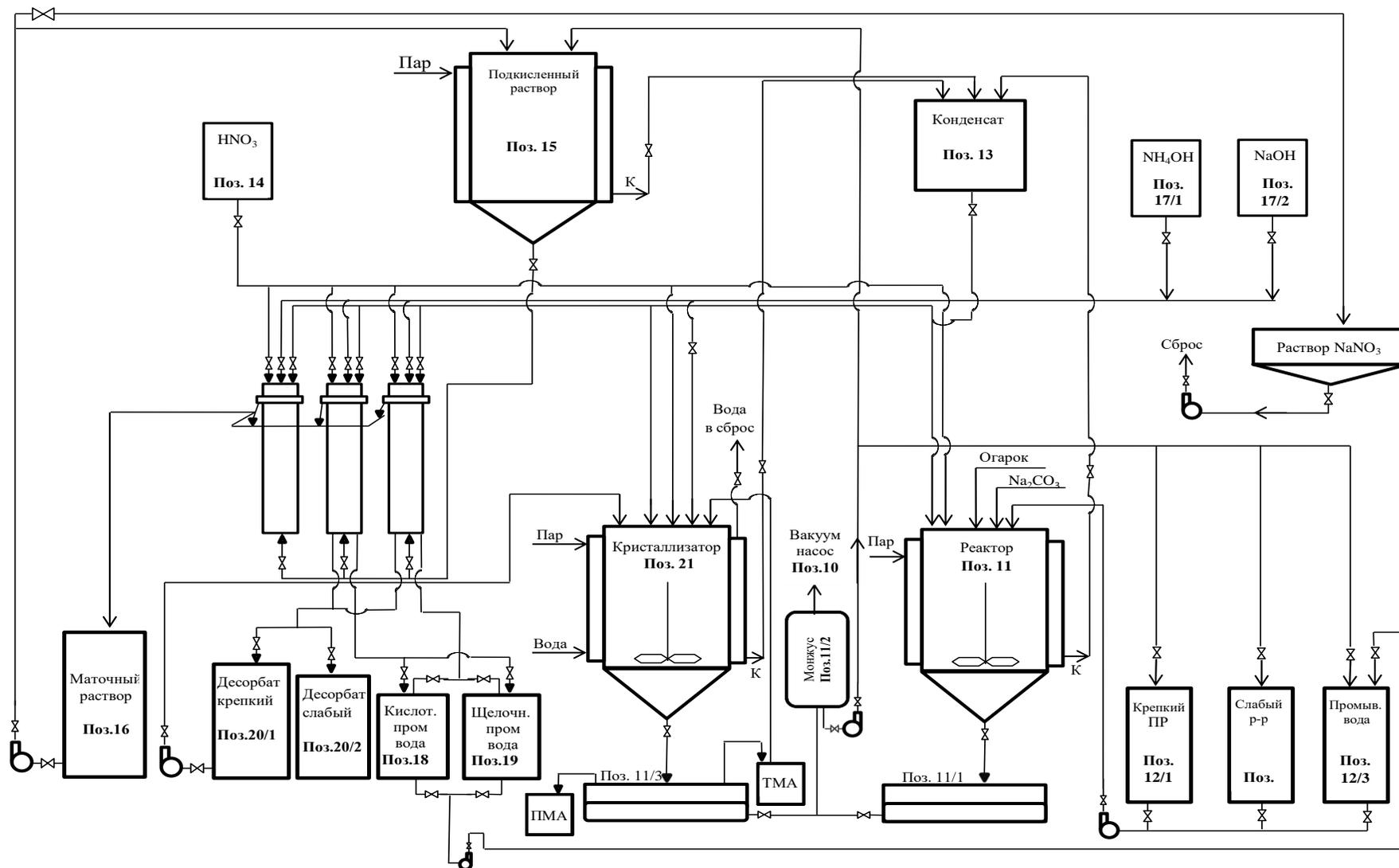


Рис. 8. Схема цепи аппаратов опытно-промышленного участка

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Рекомендованы шламы коричнево-бурого цвета из отходов молибденового производства, магнетит с удельным весом 1,33 т/м³, содержащие (усредненная проба, в %) 0,03 Re; 4,8 Mo; 1,2 Cu; 0,24 W, а также 9,5 Fe; 4,3 SiO₂ 2,58 I; As, P, Sb следы; 6,0 ионнообменные смолы (б/у); 4,4 промышленный мусор (галька, щепа и пр.) и 42 влаги.

2. Предложен солевой и элементный состав жидкой части (раствор) отходов (по усредненным пробам): (в мг/л): 60000 NH₄NO₃; 80000 (NH₄)₂SO₄; 45000 NaNO₃; 12000 Na₂SO₄; 1,87-9,18 Re; 7,43-86,9 Mo; 14,67-1320 Cu; 2,71-5,20 Pb; 0,4 As; 1,59 S; 28,2 SiO₂; 962,24-4193,3 Ca; 28,1-966,1 Mg; 13,63-100,44 Al; 5,0-30,0 Ti; 67,33-599,54 Fe; 6,15-35,8 Ba; 0,32-4,04 Au; 1,03-14,09 Ag.

3. Разработана технология очистки сбросных растворов со шламового поля от меди с получением медного осадка, при этом получен медный концентрат с содержанием меди до 22,4% и разработана усовершенствованная технология содового выщелачивания сбросного кека, достигнуто извлечение рения в продуктивный раствор до 75 %.

4. Рекомендовано извлечение молибдена и рения в растворах с помощью активированного угля и ионообменной смолы с использованием методов сорбции и экстракции на основании определенного солевого и химического состава, а также ионного состояния для удаления шлаков.

5. Разработана комплексная технология переработки отходов и растворов производства оксида молибдена с использованием методов мокрой магнитной сепарации рения и молибдена, селективного перевода соды в раствор, осаждения, сорбции-десорбции.

6. Разработан технологический регламент на использование при разработке проекта цеха по комплексной переработке отходов молибдена гидрометаллургического производства.

7. Предложено техническое решение для производства товарной натриевой селитры, соответствующего стандарту ГОСТ 828-77, из сбросных растворов сорбционного отдела.

**TASHKENT STATE TECHNICAL UNIVERSITY
NAMED AFTER ISLAM KARIMOV
SCIENTIFIC COUNCIL AWARDING SCIENTIFIC DEGREES
DSc.03/30.12.2019.K/T.03.01 AT STATE UNITARY ENTERPRISE
«FAN VA TARAQQIYOT»**

**KARSHI INSTITUTE OF ENGINEERING AND ECONOMICS
STATE UNITARY ENTERPRISE «FAN VA TARAQQIYOT»**

XUJAKULOV AMIRJON MURODOVICH

**RESEARCH AND DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR RHENIUM
EXTRACTION FROM MINING WASTES**

**05.02.01 – Materials science in mechanical engineering. Foundry. Heat treatment and
metal pressure treatment. Metallurgy of ferrous, non-ferrous and rare metals
(technical sciences)**

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

Tashkent – 2024

The topic of the dissertation of the Doctor of Philosophy (PhD) is registered in the Higher Attestation Commission under the Ministry of Higher Education, Science and Innovation of the Republic of Uzbekistan under the number B2023.4.PhD/T4204

The dissertation has been prepared at the State Unitary Enterprise «Fan va tarakkiyot» of Tashkent State Technical University named after Islam Karimov.

The abstract of the dissertation is issued in three languages (uzbek, russian, english (resume)) on the scientific council website www.gupft.uz and on website of «Ziyonet» Information and Educational portal www.ziyonet.uz. The thesis abstract in three languages (Uzbek, Russian and English (abstract)) is available on the web page (www.gupft.uz) and information and educational portal "ZIYONET" (www.ziyonet.uz).

Scientific supervisor: **Shodiev Abbos Nejmat ugli**
doctor of technical sciences, associate professor

Official opponents: **Vokhidov Bahriddin Rakhmiddinovich**
doctor of Technical Sciences, Associate Professor

Aminjon Nurilloevich Bozorov
doctor of Philosophy in Technical Sciences PhD

Leading organization: **GU Institute of Mineral Resources**

The dissertation defense will be held "___" _____ 2024 at 11⁰⁰ hours at the meeting of the scientific council DSc.03/30.12.2019.K/T.03 .01 at GUP "Fan va tarakkiyot" of Tashkent State Technical University named after Islam Karimov (Address: 100174, Tashkent, Mirzo Goliba str. 7a. tel: (99871) 246-39-28; fax: (99871) 227-12-73; e-mail: fan va taraqqiyot@mail.ru, in the building of GUP "Fan va tarakkiyot", 2nd floor, conference hall).

The dissertation is available in the Information and Resource Center of the State Unitary Enterprise "Fan va tarakkiyot" (Registered No. 25). (Address: 100174, Tashkent city, Mirzo Goliba str. 7a. Tel. (99871) 246-39-28, fax: (+99871) 227-12-73).

The author's abstract of the dissertation was disseminated " " of the year
(Minutes of the register №25 from August of the year).

S.S. Negmatov

Chairman of the scientific council for the award degrees,
Academician of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan,
doctor of technical sciences, professor

M.E. Ikramova

Scientific secretary of the scientific council
awarding scientific degrees,
doctor of technical sciences, s.r.a

A.M. Eminov

Chairman of the academic seminar under the
scientific council awarding scientific degrees,
doctor of technical sciences, professor

INTRODUCTION (abstract of (PhD) thesis)

The aim of the research work is to develop a technology for extracting rhenium from mining waste.

The objects of research work waste from hydrometallurgical production of molybdenum of the Scientific and Production Association "Rare Metals and Solid Alloys" of JSC Almalyk MMC.

Scientific novelty of the research work:

the optimal parameters of the sorption process for the extraction of rhenium from molybdenum production waste have been determined;

It has been established that ion-exchange resins A-170 are the optimal sorbents for the sorption of rhenium from soda solution;

the kinetics of the soda leaching process of waste cupcakes and waste has been revealed, the thermodynamics of the leaching process has been investigated and the chemical patterns of the rhenium sorption process have been established;

a technological scheme and a circuit diagram of devices for extracting rhenium and non-ferrous metals from molybdenum production waste using soda sorption technology have been developed.

Implementation of the research results. Based on the conducted scientific research on the creation of a technology for the extraction of rare metals from technological waste by the soda sorption method, the following results were obtained:

an improved new technological scheme for the extraction of rhenium, non-ferrous and precious metals from waste solutions of molybdenum production has been proposed and implemented in the copper smelting plant of Almalyk Mining and Metallurgical Combine JSC (reference of AGMK JSC No. 12-23/01-2126 dated 12/27/2023). As a result, an increase in the degree of rhenium extraction and the production of additional products – molybdenum, copper, gold and silver is ensured;

the technology of soda-sorption dissolution of rare metals and selective extraction of rhenium and molybdenum from soda leaching solutions and waste solutions from the sludge field on ion exchange resins has been developed and implemented in the copper smelter of Almalyk Mining and Metallurgical Combine JSC (reference of AGMK JSC 12-23/01-2126 dated 12.27.2023). As a result, the technology made it possible to extract rhenium by 80-85% from waste solutions of molybdenum production.

The structure and scope of the thesis. The thesis consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of references and appendices. The volume of the dissertation is 118 pages of computer text.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть, part I)

1. Хасанов А.С., Шодиев А.Н., Хужакулов А.М. Усовершенствование способов разработки технологии извлечения рения из сбросных растворов горного производства // Монография.-Карши, 2022 г.-142с.

2. Хасанов А.С., Хакимов К.Ж., Хужакулов А.М. Кончилик саноати техноген чиқиндиларини қайта ишлаш технологиясида инновацион ёндашув // Инновацион технологиялар, Илмий-техник журнал 2021/1(41)-сон 3-7 бет.

3. Хужакулов А.М. Выбор и обоснование объектов исследования и методика проведения экспериментов по разработке технологии извлечения рения из технологических отходов. // Universum: технические науки: электронный научный журнал, 12(117) 2023г. Москва с 9-14. (02.00.00; №1).

4. Шодиев А.Н., Хужакулов А.М. Современное состояние технологии переработки рениевых промпродуктов и актуальные вопросы комплексного использования сырья. // Universum: Технические науки Научный журнал Выпуск: 12(117) 2023г. Москва с 14-18.

5. Хасанов А.С., Шодиев А.Н., Хужакулов А.М. Исследование по выбору ионнообменной смолы для получения рения из продуктивных растворов. // Композицион материаллар, 2023 й №4. С. 53-56 (05.00.00; №13).

II бўлим (II часть, part II)

6. Шодиев А.Н., Хужакулов А.М., Олимов Ф.М., Ахмедова Д.А., Туробов Ш.Н. Исследование возможности извлечения редких металлов из отходов металлургического производства Узбекистана // Вестник науки и образования № 13(91). Часть 1. 2020. С. 26-31.

7. Хужакулов А.М., Хакимов К.Ж., Мўминов Р.Н., Абдумаликов Н.А. Особенности вовлечения в переработку техногенных отходов горно-металлургических производств // Международной научно-практической онлайн конференции «Проблемы, перспективы и инновационный подход эффективной переработки минерального сырья и техногенных отходов» г.Алмалык, 27 мая 2021 года, С.259-261.

8. Хужакулов А.М., Олимов Ф.М. Тоғ-кон мажмуаси ағдармаларидаги чиқиндилардан рений олиш технологиясининг ўзбекистон металлургия саноатидаги ўрни // Oriental renaissance: innovative, educational, natural and social sciences scientific journal 09 2022 289-294 b.

9. Шодиев А.Н., Хужакулов А.М., Олимов Ф.М. Способ гидрometаллургической переработки рений содержащего молибденитового концентрата // Материалшунослик, материаллар олишнинг инновацион технологиялари ва пайвандлаш ишлаб чиқаришнинг долзарб муаммолари.

Мавзусида республика илмий- амалий анжумани материаллари тўплами ТДТУ 2022 с 143-145

10. Шодиев А.Н., Хужакулов А.М., Олимов Ф.М. Производство порошкообразного и компактного рения // Материалшунослик, материаллар олишнинг инновацион технологиялари ва пайвандлаш ишлаб чиқаришнинг долзарб муаммолари. Мавзусида республика илмий- амалий анжумани материаллари тўплами ТДТУ 2022 с 145-147.

11. Шодиев А.Н., Хужакулов А.М., Олимов Ф.М. Исследование возможности применения содово-сорбционной технологии для извлечения рения из сбросных растворов молибденового производства. // Материалшунослик, материаллар олишнинг инновацион технологиялари ва пайвандлаш ишлаб чиқаришнинг долзарб муаммолари. Мавзусида республика илмий- амалий анжумани материаллари тўплами ТДТУ 2022 с 147-149.

12. Шодиев А.Н., Хужакулов А.М., Олимов Ф.М. Изучения технологии переработки молибденового концентрата и изилечения рения из различных сбросных отходов и растворов. // Материалшунослик, материаллар олишнинг инновацион технологиялари ва пайвандлаш ишлаб чиқаришнинг долзарб муаммолари. Мавзусида республика илмий- амалий анжумани материаллари тўплами ТДТУ 2022 с 149-152.

13. Хакимов К.Ж., Хўжакулов А.М., Қаюмов О.А., Чодак кон бошқармасидаги техноген чиқиндилари таркибидан гравитацион усулда олтин ва кумушни ажратиб олишни илмий таҳлили // I Евразийский Горный Конгресс – Сборник докладов: Издательство «Навоийский горнометаллургический комбинат», Навои 2021, 10-11 ноябрь, 170-174-б.

Avtoreferat «Kompozitsion materiallar» jurnali tahririyatida tahrirdan o'tkazilib,
o'zbek, rus va ingliz tillaridagi matnlar o'zaro muvofiqlashtirildi.

Босмахона лицензияси:



9338

Бичими: 84x60 ¹/₁₆. «Times New Roman» гарнитураси.

Рақамли босма усулда босилди.

Шартли босма табағи: 2,75. Адади 100 дона. Буюртма № 4/24.

Гувоҳнома № 851684.

«Tirograff» МЧЖ босмахонасида чоп этилган.
Босмахона манзили: 100011, Тошкент ш., Беруний кўчаси, 83-уй.