

**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**

---

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

**ШОДИЕВ АББОС НЕЪМАТ ЎҒЛИ**

**КУЙДИРИЛГАН МОЛИБДЕН ТАРКИБЛИ МАХСУЛОТНИ СОДА-  
СОРБЦИОН УСУЛИДА КОМПЛЕКС ҚАЙТА ИШЛАШ  
ТЕХНОЛОГИЯСИНИ ТАКОМИЛЛАШТИРИШ**

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

**ТЕХНИКА ФАНЛАРИ ДОКТОРИ (DSc) ДИССЕРТАЦИЯСИ  
АВТОРЕФЕРАТИ**

**Тошкент – 2022**

**Фан доктори (DSc) диссертацияси автореферати мундарижаси**

**Оглавление автореферата диссертации доктора технических наук (DSc)**

**Content of dissertation abstract of doctor of technical sciences (DSc)**

**Шодиев Аббос Неъмат ўғли**

Куйдирилган молибден таркибли махсулотни сода-сорбцион усулида комплекс қайта ишлаш технологиясини такомиллаштириш.....3

**Шодиев Аббос Неъмат угли**

Усовершенствование технологии комплексной переработки обожженного молибденового промпродукта содово-сорбционного способа.....27

**Shodiev Abbos Nemat o'g'li**

Improving the technology of complex processing of calcined molybdenum middlings by the soda-sorption method.....51

**Эълон қилинган ишлар рўйхати**

Список опубликованных работ

List of published works.....55

**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**

---

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

**ШОДИЕВ АББОС НЕЪМАТ ЎҒЛИ**

**КУЙДИРИЛГАН МОЛИБДЕН ТАРКИБЛИ МАХСУЛОТНИ СОДА-  
СОРБЦИОН УСУЛИДА КОМПЛЕКС ҚАЙТА ИШЛАШ  
ТЕХНОЛОГИЯСИНИ ТАКОМИЛЛАШТИРИШ**

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

**ТЕХНИКА ФАНЛАРИ ДОКТОРИ (DSc) ДИССЕРТАЦИЯСИ  
АВТОРЕФЕРАТИ**

**Тошкент – 2022**

**Фан доктори (DSc) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида B2022.3.DSc/T534 рақам билан рўйхатга олинган.**

Докторлик диссертацияси Ислон Каримов номидаги Тошкент давлат техника университети «Фан ва тараққиёт» давлат унитар корхонаси ва Қарши муҳандислик-иктисодиёт институтида бажарилган.

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

<b>Илмий маслаҳатчи:</b>	<b>Хасанов Абдирашид Салиевич</b> техника фанлари доктори, профессор
<b>Расмий оппонентлар:</b>	<b>Шадрунова Ирина Владимировна</b> техника фанлари доктори, профессор <b>Шарипов Хасан Турапович</b> кимё фанлари доктори, профессор <b>Камолов Турсунбой Очилович</b> техника фанлари доктори, катта илмий ходим

**Етакчи ташкилот:** **Миллий технологик тадқиқотлар университети «МИСиС» нинг Олмалиқ шаҳридаги филиали**

Диссертация ҳимояси Ислон Каримов номидаги Тошкент давлат техника университети «Фан ва тараққиёт» давлат унитар корхонаси ҳузуридаги DSc.03/30.12.2019.К/Т.03.01 рақамли Илмий кенгашнинг 2022 йил «14» сентябрь соат 14<sup>00</sup> даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100174, Тошкент, Мирзо Ғолиб кўчаси, 7а уй. Тел.: (99871)246-39-28, факс: (99871)227-12-73, 246-02-24, E-mail: [fanvataraqiyot@mail.ru](mailto:fanvataraqiyot@mail.ru), «Фан ва тараққиёт» ДУК биноси, 2-қават, анжуманлар зали).

Диссертация билан «Фан ва тараққиёт» давлат унитар корхонасининг Ахборот ресурс марказида танишиш мумкин (№19 -22 рақами билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100174, Тошкент, Мирзо Ғолиб кўчаси, 7а уй. Тел.: (99871)246-39-28, факс: (99871)227-12-73).

Диссертация автореферати 2022 йил «12» сентябрь куни тарқатилди.  
(2022 йил «18» августдаги №19-22 рақамли реестр баённомаси)

**С.С. Негматов**  
Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш раиси, ЎзРФА академиги, т.ф.д., профессор

**М.Э. Икратова**  
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 (фан доктори (DSc) диссертацияси аннотацияси)

**Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати.** Жаҳонда металлургия саноатининг энг асосий маҳсулоти - стандарт молибден концентратлари ҳисобланган ферромолибден ва юқори тозаликдаги маҳсулотлар ишлаб чиқариш учун бошланғич материал бўлган техник молибден оксидининг аҳамияти жуда каттадир. Бу борада, молибден оралик маҳсулотларини қайта ишлашнинг мавжуд технологик босқичларини ва минерал хомашёдан юқори сифатли маҳсулот ишлаб чиқариш, экологик тоза ва ресурстежамкор технология яратиш ҳамда қуйдирилган молибден таркибли маҳсулотни сода-сорбцион усулда комплекс қайта ишлаш технологиясини такомиллаштириш муҳим аҳамиятга эга.

Дунёда металлургия саноатини трансформацияси, энергия ва ресурстежамкор технология асосида техноген чиқиндиларни қайта ишлаш қолдиқларидан ноёб ва ноёб-ер металлларини ажратиб олиш ҳамда мавжуд технологияларни такомиллаштиришга ёрдам берадиган илмий тадқиқотлар олиб борилмоқда. Бу борада, техноген чиқиндилар таркибидаги рангли ва нодир металлларни ажратиб олишдаги технологик жараёнларнинг физик-кимёвий асосларини, молибден ва бошқа қимматли компонентларни ажратиб олишга таъсир қилувчи омилларни, шунингдек, чиқиндиларни ва саноат оқава сувларини утилизация қилиш усулларини чуқур таҳлил қилиш, минерал хомашёни комплекс қайта ишлашнинг янги технологик усулларини ишлаб чиқиш, нодир ва рангли металллар ишлаб чиқаришнинг чиқиндисиз ва экологик хавфсиз технологиясини яратиш алоҳида аҳамият касб этади.

Республикамизда кон-металлургия саноати мамлакат тараққиётидаги муҳим тармоқлардан бири бўлиб, ушбу платформада полиметалл фойдали қазилмалар, жумладан, мис-молибден рудаларини қайта ишлаш бўйича илмий тадқиқотлар олиб борилиб, муайян натижаларга эришилмоқда. Янги Ўзбекистонни янада ривожлантириш бўйича тараққиёт стратегиясида «...саноатни сифат жиҳатдан янги босқичга кўтариш, маҳаллий хомашё манбаларини чуқур қайта ишлаш, тайёр маҳсулотлар ишлаб чиқаришни жадаллаштириш, янги турдаги маҳсулотлар ва технологияларни ўзлаштириш...»<sup>1</sup> бўйича муҳим вазифалар белгилаб берилган. Бу борада, жумладан, ноёб металллар ва минерал хомашёдан қимматбаҳо компонентларни чуқур ажратиб олишнинг янги инновацион технологияларни ишлаб чиқиш катта аҳамиятга эга.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 24 июлдаги ПФ-3145-сон «Фойдали қазилмалар конларини саноат йўли билан ўзлаштириш соҳасидаги лойиҳа-қидирув ва илмий-тадқиқот ишлари бошқарувини такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги Фармонида, 2019 йил 17 январдаги ПҚ-4124-сон «Кон-металлургия тармоғи корхоналари фаолиятини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги Қарорлари ҳамда

---

<sup>1</sup> Ўзбекистон Республикаси Президентининг "2022 — 2026 йилларга мўлжалланган янги Ўзбекистоннинг тараққиёт стратегияси тўғрисида»ги 2022 йил 28 январдаги №ПФ-60-сонли Фармони

мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъерий-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 VII. «Ер тўғрисидаги фанлар (геология, геофизика, сейсмология ва минерал хом ашёларни қайта ишлаш)» устувор йўналишига мувофиқ бажарилган.

**Диссертация мавзуси бўйича хорижий илмий-тадқиқотлар шарҳи<sup>2</sup>.** Руда ва техноген хомашёдан ноёб металллар ишлаб чиқаришга қаратилган илмий тадқиқотлар жаҳоннинг етакчи илмий марказлари ва олий ўқув юртларида, жумладан: Пекин кон-металлургия институти (Хитой), Colorado school of mines (АҚШ), Пекин фан ва технология университети (Хитой), Техас Эл-Пасо университети (АҚШ), KGHM Polska Miedz (Полша), Торонто университети (Канада), Ухан фан ва технология университети (Хитой), Аугсбург университети (Германия), Корея ноёб металллар институти (Жанубий Корея), “Олмалик кон-металлургия комбинати” АЖ, МИСиС миллий тадқиқот технологик университети (Россия) ва Навоий давлат кончилик ва технологиялар университетида (Ўзбекистон) олиб борилмоқда.

Молибден ажратиб олиш технологиясини такомиллаштириш бўйича дунёдаги етакчи илмий марказларда олиб борилган тадқиқотлар натижасида бир қатор илмий натижалар олинди, жумладан: куйдирилган бойитмаларни аммиак билан танлаб усули Миллий тадқиқотлар технологик университети (МИСиС, Россия); куйдирилган молибден бойитмаларини танлаб эритиш эритмасидан молибден ва ренийни сорбция усули билан ажратиб олиш (Торонто университети, АҚШ); молибден бойитмаларини кейинги сода-сорбцион танлаб эритиш билан куйдириш усуллари ишлаб чиқилган (Рекін кон-металлургия институти, Хитой); молибден-висмут рудаларини қайта ишлаш схемаси яратилган ва коллектив молибден-висмут бойитмаси автоклавда танлаб эритилган (Фасторй Преиссас, Франция).

Дунёда бойитмалардан ноёб металлларни ажратиб олиш технологиясини такомиллаштириш мақсадида куйидаги устувор йўналишларда бир қатор тадқиқот ишлари олиб борилмоқда, жумладан, илмий-ишлаб чиқариш бирлашмаси (ИИЧБ)да ноёб металллар ва қаттиқ қотишмалар ишлаб чиқариш бўйича (ҚҚваНМИЧ) (собик ЎзКТЖМ) – таркибида 25,0-30,0% молибден ва 5,0% гача мис бўлган куйдирилган мис-молибден оралик маҳсулотини аммиакли танлаб эритиш орқали қайта ишланмоқда. Таркибидаги молибденнинг сезиларли миқдори (8,0% дан ортиқ) туфайли филтрлаш орқали ажратилган темир-мис чўкмаси кўп марта қайта танлаб эритишга юбориш, миснинг оксидланган қисми аммоний-молибден-

---

<sup>2</sup> Диссертация мавзуси бўйича хорижий илмий тадқиқотлар шарҳи: <https://marketing.rbc.ru/landings/dragotsennye-metally/>, <https://ru.investing.com/equities/impala-platinum-holdings-ltd>, <https://www.mineral.ru/Analytics/worldevents>, <https://www.krastsvetmet.ru/> ва бошқа манбалар асосида ишлаб чиқилган.

мис комплекслари шаклида эритмага ўтишини тадқиқ қилиш, чиқинди эритмадан агрессив кимёвий моддалар ёрдамида ёмон эрийдиган мис сульфидларини чўктириш орқали мисдан қўшимча равишда тозалаш, аммоний тетрамолибдат тузларини (кейинги ўринларда АТТ деб юритилади) тозаланган эритмаларда чўктириш, улардан молибден оксидини тоблаш орқали олиш технологиясини ишлаб чиқиш.

**Муаммонинг ўрганилганлик даражаси.** Дунёда минерал ва техноген хом ашёлардан ноёб металлар ишлаб чиқаришни ривожлантириш соҳасига қуйидаги хорижий олимлар қатта ҳисса қўшдилар: Зеликман А.Н., Киллеффер Д.Х., Линз А., Эванс Э., Нортон Ф.Ж., Челлингер А.К., Гаев А.И., Угоретс М. З., Сошникова Л.А., Шадренова И.В., Пирматов Э.А., Утигард Т., Эрнандес С., Ресслер Т., Александров П., Рамадораи Г., Алеман-Вазкес Л., Адамов Э.В., Кондрати М.А., Шадренова И.В., Лу Ванг, Чунг-Янг Бу, Бин Ху, Лиқианг Май, Робинсон Ж.Ж., Хейзман Ж.Ж., Кожаметов С.М. ва бошқалар.

Таркибида ноёб металлар бўлган техноген чиқиндиларни қайта ишлаш ва утилизация қилиш технологиясини яратиш ҳамда минерал ва техноген хомашёдан ноёб металлар ажратиб олиш технологиясини ишлаб чиқиш борасида мамлакатимиз олимлари Шарипов Х.Т., Санақулов К.С., Ҳасанов А.С., Гуро В.П., Ёқубов М.М., Михриддинов М. ва бошқалар ўз ҳиссаларини қўшганлар.

Мавжуд ишларни таҳлил қилиш асосида шуни таъкидлаш керакки, сода-сорбцион танлаб эритиш самарадорлигини ошириш бўйича комплекс тадқиқотлар олиб борилди ва олиш усуллари ишлаб чиқилди. Ўтказилган тадқиқотлар натижасида молибденнинг сорбциясида қўлланилган ион алмашинадиган смола турлари ҳақида батафсил маълумотлар келтирилмаган. Ушбу диссертация куйдирилган молибден бойитмасидан ноёб металларни ажратиб олишнинг такомиллаштирилган технологиясини тадқиқ қилиш ва ишлаб чиқишга бағишланган.

**Илмий тадқиқот мавзусининг диссертация бажарилган олий таълим ёки илмий тадқиқот муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари билан боғлиқлиги.** Диссертация тадқиқоти Навоий давлат кончилик институтининг илмий-тадқиқот режаси ва “Олмалиқ КМК” АЖ ҳамда “Фан ва тараққиёт” давлат унитар корхонаси ўртасида 2019-йил 4-февралдаги №63-318-ЮР сонли хўжалик шартномаси доирасида “Минерал хомашёдан ва ташландиқ эритма ва кеклардан молибден, мис, рений ва нодир металларни ажратиб олиш технологияни ишлаб чиқиш” мавзуси ва “Олмалиқ КМК” АЖ ва Қарши муҳандислик-иқтисодиёт институти ўртасида 2022-йил 28-мартдаги №63-124-сонли “Ностандарт молибден бойитмаларини сода-сорбцион усулда қайта ишлаш технологиясини тадқиқ этиш ва ишлаб чиқиш” мавзуларидаги лойиҳалар доирасида бажарилган.

**Тадқиқотнинг мақсади** куйдирилган молибден таркибли маҳсулотни сода-сорбцион усулида комплекс қайта ишлаш технологиясини такомиллаштиришдан иборат.

**Тадқиқотнинг вазифалари:**

куйдирилган молибден оралиқ маҳсулотларининг минерал-петрографик ва кимёвий таркибини ўрганиш;

куйдирилган молибден оралиқ маҳсулотларини сода билан танлаб эритишнинг кинетик хусусиятлари ва механизмини ўрганиш;

сувли эритмалардаги молибден (VI) ионларининг ҳолатини ўрганиш;

натрий молибдатнинг карбонат эритмаларидан молибден ва ренийнинг сорбциясини ўрганиш ва селектив ион алмашинувчини танлаш;

натрий молибдатнинг карбонат эритмасидан ортиқча содани қайта тиклаш учун мембрана электролиз усулларини ўрганиш;

молибден-мис-темир кекларини қимматбаҳо компонентларни ажратиб олиш билан куйдирилган молибден оралиқ маҳсулотларини танлаб эритиб, қимматли компонентларни ажратиб олиш усулини ўрганиш;

куйдирилган молибден оралиқ маҳсулотларини қайта ишлашдан чиққан саноат чиқинди сувларини утилизация қилишнинг мақбул технологиясини ишлаб чиқиш.

**Тадқиқотнинг объекти сифатида** “ОКМК” АЖ мис эритиш заводи куйдирилган молибден оралиқ маҳсулоти олинган.

**Тадқиқотнинг предмети.** Куйдирилган молибден оралиқ маҳсулотларини молибден ва рений олиш технологиясини ишлаб чиқиш, шу билан боғлиқ ҳолда таркибида мис, темир ва нодир металлар бўлган ярим тайёр маҳсулот ишлаб чиқариш ҳамда қайта ишлашдан саноат чиқинди сувларини утилизация қилиш ҳисобланади.

**Тадқиқотнинг усуллари.** Диссертация ишини бажаришда замонавий физик-кимёвий таҳлил усулларидан, электрон микроскопия; рентген структурали, пробиркали, рентгенфазавий (РФТ), кимёвий таҳлил, дифференциал-термик (ДТТ), электрокимёвий таҳлиллар, ва бошқа таҳлилнинг стандарт усулларидан фойдаланилган.

**Тадқиқотнинг илмий янгилиги** куйидагилардан иборат:

натрий карбонат эритмалари билан куйдирилган оралиқ маҳсулот таркибидаги молибден оксиди ўртасида кимёвий реакция юзага келиши аниқланган;

куйдирилган оралиқ маҳсулотдан молибден оксидини 100,0-120,0 г/л концентрацияли натрий карбонат эритмаси билан танлаб эритиш реакциясининг кинетикаси ва механизмлари исботланган;

карбонат молибдат эритмаси рН 2,5-3,0 нитрат кислота билан нейтралланганда, молибден полианионлари  $Mo_nO_m^{h-}$  ва А100 (Mo) Puoralite анионити селективлигини ошириш аниқланган;

тўйинган сорбент юзасида молибденли полианионларни сорбциялаш жараёнида натрий ионларининг юпқа электростатик диффузия қатлами (фон) ҳосил бўлиши ва анион алмашинувчи ҳажмини қоплаши асосланган;

тўйинган сорбентни натрий ионларидан илиқ кислотали ювишни амалга ошириш учун махсус конструкцияли колонна типдаги аппарат ишлаб чиқилган;

қимматбаҳо компонентларни ажратиб олиш учун иккиламчи хом ашё сифатида нодир металлар билан мис-темир кеки ишлаб чиқаришнинг оптимал технологик параметрлари ишлаб чиқилган;

натрий нитратининг қаттиқ тузини буғлатиш ва кристаллаш усули билан куйдирилган молибден оралиқ маҳсулотларини гидрометаллургик қайта ишлашдан олинган саноат оқава сувларини утилизация қилишнинг технологик схемаси ишлаб чиқилган.

**Тадқиқотнинг амалий натижалари** куйидагилардан иборат:

куйдирилган молибден оралиқ маҳсулотларини икки босқичли содали танлаб эритиш технологияси ишлаб чиқилган;

молибден ва рений оксидларини олиш учун маҳсулотлар бўлган парамолибдат ва юқори тозалikka эга соф аммиак тузларини ишлаб чиқариш билан куйиндини танлаб эритишнинг карбонат эритмаларидан молибден ва ренийни сорбцион ажратиб олиш технологияси ишлаб чиқилган;

куйиндини содали танлаб эритиш эритмасининг қаттиқ қолдиқларидан мис, темир ва нодир металларни ярим тайёр маҳсулотларини олиш технологияси ишлаб чиқилган;

натрий селитрасини ишлаб чиқариш билан саноат чиқиндиларини утилизация қилиш технологияси ишлаб чиқилган;

натрий молибдатнинг карбонат эритмаларидан содани қайта тиклаш тавсия қилинган.

**Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги** замонавий компьютер ва дастурий воситаларидан фойдаланган ҳолда катта ҳажмдаги лаборатория тажрибалари ва ярим саноат синовлари натижаларининг бир-бирига яқинлиги, қайта ишлаш натижасида олинган маҳсулотлар сифатини лаборатория ва тажриба саноат синовлари актлари билан тасдиқланганлиги, шунингдек, “Олмалиқ КМК” АЖ раҳбарияти томонидан 2020-йил 10-январдаги қайта ишлаш мажмуасини куриш лойиҳаси бўйича техник регламентларни ишлаб чиқиш асосида ишлаб чиқилган ва тасдиқланган вақтинчалик технологик йўриқномалар билан изоҳланган.

**Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.** Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти молибден, рений ва бошқа қимматли компонентларнинг куйдирилган молибден оралиқ маҳсулотида жойлашиш шаклини аниқлаш, молибденни содали эритмада 90-95 °С ҳарорат оралиғида селектив танлаб эритиш шартларини аниқлаш билан боғлиқ, икки босқичли содали танлаб эритиш молибденнинг 96,0 - 98,0% ини эритмага ажралишини таъминлаб, карбонатли танлаб эритишнинг сувли эритмаларида молибден ва ренийнинг ион ҳолатини аниқлаш, назарий асосда кислоталанган карбонатли эритмадан молибден ва рений олиш учун танлаб олинган селектив ион алмашинувчиларни аниқлаш, тўйинган сорбент сиртини натрий ионларидан 60,0-80,0 °С ҳарорат оралиғида кислотали ювиш йўли билан тозалаш усулини ишлаб чиқиш, юқори сифатли молибден триоксиди олинадиган аммоний молибдат эритмаси олиш тамойилларини назарий ва амалда асослаш имконини беради.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти шундан иборатки, куйдирилган молибден оралик маҳсулотларини содали танлаб эритиш ва карбонатли эритмалардан молибден ва ренийни сорбция усулида ажратиб олиш, таркибида мис, темир ва нодир металлар бўлган ярим тайёр маҳсулотлар ишлаб чиқариш, натрий нитрат учун саноат чиқинди сувларини тўлиқ утилизация қилиш, шунингдек, қайта ишланган маҳсулотларнинг физик-кимёвий таҳлиллари натижаларига кўра “Олмалиқ КМК” АЖнинг куйдирилган молибден оралик маҳсулотларини комплекс қайта ишлаш технологиясини ишлаб чиқиш билан изоҳланади.

**Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши.** Куйдирилган молибден таркибли маҳсулотни сода-сорбцион усулида комплекс қайта ишлаш технологиясини такомиллаштириш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

сорбцион технологик схемадан фойдаланган ҳолда куйдирилган молибден оралик маҳсулотларидан молибден ажратиб олишнинг ишлаб чиқилган технологияси «Олмалиқ КМК» АЖда жорий этилган («Олмалиқ КМК» АЖнинг 2022 йил 2 августдаги АА-005782-сон маълумотномаси). Натижада, молибден оксиди ва сода эритмаси ўртасида 90-95 °С ҳароратда эритувчи концентрацияси ва аралаштириш тезлигига тўғридан-тўғри боғлиқ равишда молибденни 90% гача ажратиб олиш имконини берган;

ионитларнинг сиғим хусусиятлари ва физик-кимёвий хоссаларини тадқиқ қилиш асосида содали эритмадан молибденни ажратиб олиш учун сорбция ва десорбция жараёнларининг кинетикасини тадқиқ қилиш ҳамда содали танлаб эритиш технологиясининг ишлаб чиқилган параметрлари «Олмалиқ КМК» АЖда жорий этилган («Олмалиқ КМК» АЖнинг 2022 йил 2 августдаги АА-005782-сон маълумотномаси). Натижада, молибденнинг селектив сорбцияси учун А100 (Мо) Purolite анионити ва ренийнинг сорбцияси учун А170 (Re) Purolite анионитидан фойдаланиш имконини берган;

куйдирилган молибден оралик маҳсулотларидан танлаб эритиш жараёнида соданинг солиштирма сарфини камайтириш мақсадида ишлаб чиқилган технология ва мембрана электролиз усули ёрдамида содани регенерация қилишнинг технологик схемаси «Олмалиқ КМК» АЖ МЭЗда жорий этилган («Олмалиқ КМК» АЖнинг 2022 йил 2 августдаги АА-005782-сон маълумотномаси). Натижада, натрийни чиқариб ташлашнинг умумий даражаси 92,0%, ток бўйича унум тахминан 90,0% ни ташкил қилган ҳамда кўшимча равишда кекда мис, олтин ва кумуш олиш имконини берган.

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

**Тадқиқот натижаларининг эълон қилиниши.** Диссертация мавзуси бўйича жами 20 та илмий иш нашр этилган, шулардан 2 та монография, Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссияси томонидан докторлик диссертациясининг асосий илмий натижаларини чоп этишга тавсия этилган илмий нашрларда 8 та мақола, жумладан, 4 таси республика ва 4 таси хорижий журналларда нашр этилган.

**Диссертациянинг тузилиш ва ҳажми.** Диссертация таркиби кириш, бешта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 178 бетни ташкил этган.

## ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

**Кириш** қисмида диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурлиги асосланади, мақсади ва вазифалари шакллантирилади, тадқиқот объекти ва ва предмети кўрсатилган, тадқиқотнинг Ўзбекистон Республикаси илм-фан ва технологияларни ривожлантиришнинг устувор йўналишларига мувофиқлиги аниқланган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари келтирилган, уларнинг ишончлилиги асосланган, натижаларнинг назарий ва амалий аҳамияти очиб берилган, ишланмаларни амалга ошириш натижалари, ишни синовдан ўтказиш натижалари ва нашр этилган ишлар ҳамда диссертация тузилиши, шунингдек тадқиқот натижаларининг амалиётга жорий қилиниши ҳақида маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг **“Молибден рудалари ва бойитмаларини қайта ишлашнинг ҳозирги ҳолати ва хомашёдан комплекс фойдаланишнинг долзарб масалалари”** деб номланган биринчи бобида геологик, минералогик ва технологик хусусиятлар, мис-молибденит рудаларини бойитишнинг ҳозирги ҳолати, қайта ишлаш усулларининг таҳлилий шарҳи кўриб чиқилган ва молибден бойитмалари ва оралиқ маҳсулотлари, сувли эритмалардаги молибден (VI) ионларининг ҳолати ва молибден поли ионларининг ҳосил бўлиш механизми, молибден гидрометаллургиясида ион алмашилиш жараёнларидан фойдаланишнинг ҳозирги ҳолати ва ривожланиши кўриб чиқилган.

Мис-молибден рудаларини бойитишнинг мавжуд технологик схемаларини таҳлил қилишдан диссертация мавзусининг долзарблиги ва унга бўлган талабни таъкидлайдиган бойитишнинг инновацион усуллари ва гидрометаллургия (сода эритмаси ва ион алмашинуви) жараёнларини бирлаштирган комбинациялашган схема келтирилган бўлиб, бунда:

аммиакни танлаб эритиш йўли билан қайта ишланадиган молибден бойитмаси куйиндиси дастлабки маҳсулотдаги таркиби паст бўлган молибденнинг тўлиқ ажратиб олинишини таъминламаслиги аниқланган. Ушбу усулнинг асосий камчилиги молибденни ажралишининг паст даражада эканлиги ва юқори сифатли маҳсулот олиш нуқтаи назаридан дастлабки куйинди таркибига қўйиладиган қатъий талабдир;

таркибида молибденнинг миқдори кам ва мис миқдори сезиларли даражада бўлган куйиндилар содали танлаб эритиш билан қайта ишланиши кераклиги аниқланган, шу билан бирга мисни маҳсулдор сода эритмасига ўтказишни истисно қилган;

кислоталанган карбонатли эритмадан ионитлар томонидан танлаб сорбцияланган молибден полиионлари ҳосил бўлиши аниқланган, молибден катта сифимли хусусиятларга эга бўлган ион алмашилиш усули билан самарали олиниши аниқланган;

мавжуд СНК колонналарини лойиҳалаш натрий аралашмалари билан юқори сифатли десорбат ишлаб чиқаришни таъминлаш учун янада ривожлантиришни талаб қилиши аниқланган.

Диссертациянинг “Олмалиқ КМК” АЖнинг куйдирилган молибден оралик маҳсулотларини комплекс қайта ишлаш технологиясини ишлаб чиқиш бўйича тадқиқот объектлари ва тажриба ўтказиш методикасини танлаш ва асослаш” деб номланган иккинчи бобида ўрганиш объектлари: куйдирилган молибден оралик маҳсулотлари, натрий молибдатининг карбонатли эритмалари, содали танлаб эритишнинг қаттиқ чиқиндилари аниқланган, ўрганилаётган материалларнинг минерал-петрографик ва кимёвий таркиби, молибденнинг ва сувли эритмалардаги бошқа компонентларнинг ион ҳолати ўрганилган ва таҳлил қилинган.

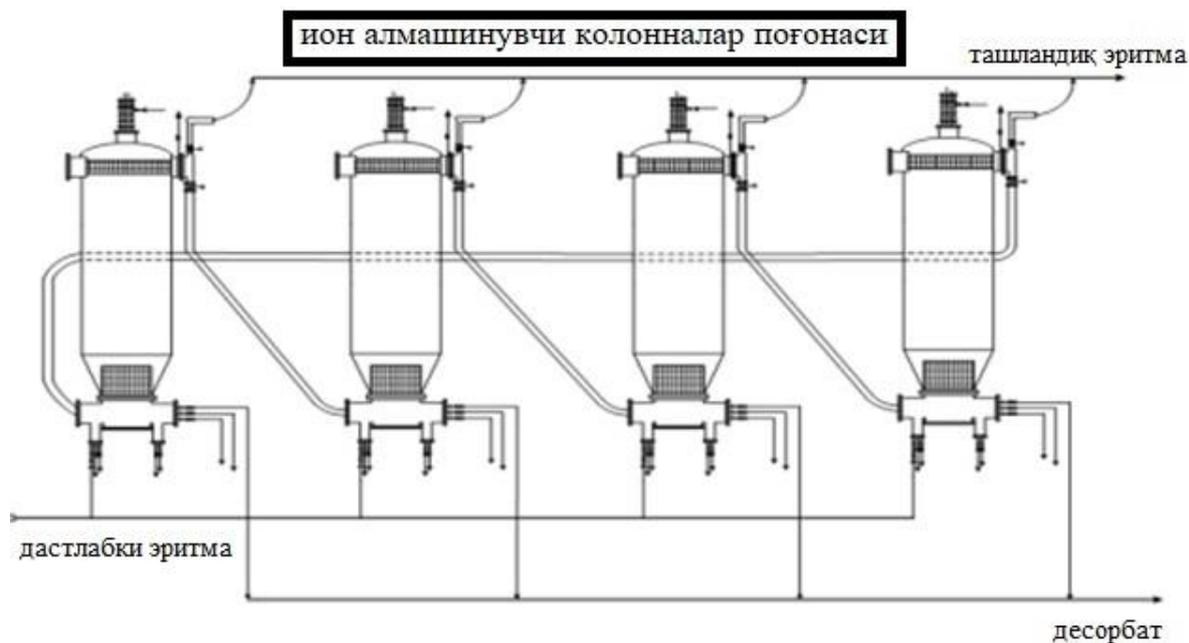
Куйдирилган молибден оралик маҳсулотларини танлаб эритиш эритмаларидан молибден ва ренийни сорбцион ажратиш олиш бўйича тажрибалар статик ва динамик режимларда Puoralite A-100 (Mo) ва Puoralite A-170 (Pе) ион алмашинадиган қатронларда кенгайтирилган лаборатория сорбция колонналарида ўтказилган. Тажрибаларни ўтказишда қуйидаги технологик кўрсаткичлар қабул қилинди: бошланғич эритманинг ҳажми, молибден ва ренийнинг чиқиндига ташлашдаги концентрацияси, қатроннинг ҳажмий сифими, десорбатларда молибден ва рений концентрацияси.

Биринчи ўрганилаётган объект қаттиқ ҳолатда, иккинчи объект эса маҳсулдор эритма ҳисобланганлиги учун қаттиқ заррачаларнинг минералогик таркиби ва ўлчам хусусиятларини аниқлаш сканерлаш электрон микроскоп ёрдамида амалга оширилган. Элементларни аниқлаш учун суюқ эритмалар кимёвий усулда таҳлил қилинган. Элементар таркиби ва тузилишини аниқлаш учун ўрганилган намуналар куйдирилган молибден оралик маҳсулоти ва танлаб эритишдан сўнг олинган кек JSM-IT200 сканерлаш электрон микроскопида ўрганилган. JSM-IT200 ихчам сканерлаш электрон микроскопи волфрам катодлари билан РЭМ линиясида бюджетли қават модели сифатида жойлаштирилган. Ушбу асбоб JCM-7000 (тўртинчи авлод NeoScore) иш столи модели ва JSM-IT500 юқори самарали аналитик сканерлаш электрон микроскопи каби кўп функцияли РЭМ InTouchScopes нинг оиласига тегишлидир.

Амалга оширилаётган изланишлар асослаб берилган ва куйдирилган молибден оралик маҳсулотларини икки босқичли содали танлаб эритиш, натрий молибдат эритмаларидан молибден ва ренийни сорбцияли ажратиш олиш, аммиак молибдат эритмаларини натрий ионлари ва бошқа натрийли тузлардан чуқур тозалаш, карбонат эритмаларидан содани қайта тиклаш, мис, темир ва нодир металларни ўз ичига олган ярим тайёр маҳсулотларни олиш ва саноат чиқинди сувларини утилизация қилиш бўйича тажрибалар ўтказиш методикалари ишлаб чиқилган. Ҳар бир тажрибани бажариш кетма-кетлиги аниқланган ва тажриба ва синовлар учун лаборатория ва ярим саноат қурилмалари яратилган.

Диссертациянинг “Куйдирилган молибден оралик маҳсулотларини содали танлаб эритишнинг технологик параметрларини тадқиқ қилиш ва аниқлаш, карбонат эритмаларидан молибден ва ренийни ажратиб олиш” деб номланган учинчи бобда куйдирилган молибден оралик маҳсулотларини икки босқичли содали танлаб эритиш учун оптимал шароитлар экспериментал тарзда аниқланган: 95-98 °С ҳарорат оралиғида, Қ:С=1,0:4,0 нисбатда, Е=2,2-2,5 сода эквивалентида молибденнинг 96,0-98,0% карбонат эритмасидаги йиғиндиси танлаб ажратиб олинишига эришилган. Куйиндида мавжуд бўлган мис, темир ва нодир металллар бутунлай қаттиқ қолдиқда қолади, кремний эса қисман карбонат эритмасига ўтади.

Куйдирилган молибден оралик маҳсулотларини содали танлаб эритишнинг эритмасидан молибденни сорбцион ажратиб олиш бўйича экспериментал ишларни амалга ошириш учун бошланғич ювилган, десорбциялаш ва бошқа эритмаларни юклаш учун босимли сиғимлар билан жиҳозланган умумий ҳажми 100,0 литр бўлган тўртта сорбция каллонадан иборат лаборатория прототипи сорбция блоки яратилди.



**1-расм. Узлуксиз режимда сода эритмаларидан молибденни ажратиб олиш учун янги қурилма**

Натрий молибдатнинг дастлабки эритмаси нитрат кислота эритмаси билан рН 3,0-3,5 гача нейтралланди. Қатронлар билан каллоналар орқали ўтказиш оқим тезлиги 4-5 л/мин, каллона ўтадиган десорбат оқими тезлиги 10,0-12,0 л/мин ни ташкил қилди. Маҳсулдор эритмадаги молибден миқдори 60,0 г/л дан 80,0 г/л гача ораликда ўзгаради. Молибден таркибидаги эритмаларни таҳлил қилиш НМваҚҚИЧ ИИЧБ аналитик лабораториясида 0,1л намуна олиш йўли билан амалга оширилди. Эритманинг рН қиймати универсал лакмус қоғози билан визуал тарзда аниқланди. Сорбция жараёнлари эритмани турғун қатрон қатламидан пастдан юқорига, десорбция эса юқоридан пастга ўтказиш йўли билан амалга оширилди. Дастлабки

эритманинг маълум миқдори ўтказилгандан сўнг, каллоналар беш ҳажм минералсизлангилган сув билан ювилади, сўнгра ҳар бир каллона алоҳида десорбцияланади. Десорбат сифатида 12,5% ли аммиак эритмаси ишлатилди. Сорбентни десорбция жараёнидан кейин ювиш рН 6,0-7,0 гача дистилланган сув билан амалга оширилди. Кетма-кет буғланиш орқали, элюатни ювиш эритмаси билан бирлаштириб, ҳар бир циклда аммоний парамолибдат бойитмаси олинган; сўнгра 800-900 °С да тоблаш натижасида у МоО<sub>3</sub> га айлангилди. Ҳисобланган даврда эритманинг рН қиймати ва сорбцион-десорбцион даврларнинг кўплигидан смоланинг сорбцион қобилиятига таъсирини аниқлаш учун 10 та сорбцион-десорбцион цикл ўтказилди. Синов натижалари 1 -жадвалда келтирилган.

1-жадвал

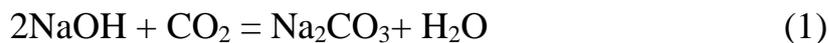
**Нитрат кислотаси эритмасининг рН қийматининг ( $V_{\text{сифими}} = 250$  мл) А100 Мо қатронининг умумий динамик ҳажм сифимига таъсири**

Эритма рН	1 мл қатрон учун МоО <sub>3</sub> ва Мо учун умумий динамик алмашинув сифими			
	МоО <sub>3</sub>	Мо	Мо бўйича мг/мл	Изоҳ
2,5	69,0	46,0	184,0	Вақт ўтиши билан Мо қисман чўкади
3,0	68,0	45,3	181,2	Вақт ўтиши билан Мо қисман чўкади
3,5	65,0	43,3	173,2	Мо чўкмага тушмайди
4,0	64,0	42,6	170,4	Мо чўкмага тушмайди
Ўр.	66,5	44,3	177,0	1 мл смола ПДОЕ си 177,0 мг/мл ни ташкил қилади

1-жадвалдан кўриниб турибдики, эритманинг рН қийматининг пасайиши билан қатроннинг молибденга алмашинув қобилияти юқори рН қийматларига эга бошқа эритмаларга қараганда ошган. Шу билан бирга, Мо вақт ўтиши билан аммоний тетрамолибдат кўринишида чўкади, бу эса каллоналар аммоний тетрамолибдат кристаллари билан тикилиб қолиши ва жараёни тўхтатишга олиб келиши мумкин, эритманинг рН ( $\text{pH} > 4$ ) кўтарилиши туфайли смоланинг алмашиниш қобилияти пасаяди. Шунинг учун молибден ионларини рН = 3,5 бўлган эритмадан сорбциялаш оптимал ҳисобланади. Мазкур ишда куйдирилган молибден оралиқ маҳсулотларини танлаб эритиш эритмаларидан ортиқча содани қайта тиклаш бўйича тадқиқотлар олиб борилди. Таҷрибалар натрийнинг саноат эритмаларидан 100,0-300,0 А/м<sup>2</sup> оралиғида турли хил ток зичлигида сода-молибдат эритмаси учун унумдорлик 20,0 л/соат бўлган филтёр-пресс типидagi бешта модулли катталаштирилган электролизёрда куйидаги таркибидаги, г/л: 60,0-90,0 Мо; 80,0-120,0 Н<sub>2</sub>СО<sub>3</sub>; 0,4-0,7 SiO<sub>2</sub> натрий молибдати саноат эритмаларида ўтказилди.

Натрий молибдатнинг ишқорий эритмасини рН 8,0 гача электрохимёвий кислоталаш жараёнида ортиқча сода билан боғлиқ натрий ионларининг ярми аралаштирилади, эритманинг рН қиймати янада пасайиши натижасида натрий бикарбонати парчаланadi ва СО<sub>2</sub> газлари ажрала бошлайди ва

соданинг парчаланиши рН 3,0 да тугайди. Сода мембранали электролиз жараёнида карбонат ангидрид ва катионит билан таъсирлашиш орқали қайта тикланади:



Йириклаштирилган лаборатория шароитида биполяр мембрана электролизёрда (БМЭ) 200,0 литр натрий молибдатнинг саноат эритмаси қайта ишланди, таркиби, г/л да: 69,0 Мо; 110,0 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>; 60,0 NaOH, рН 10,4 дан рН 2,0 гача ва натрийнинг қолдиқ миқдори 3,9 г/л гача, бунда содадан 100,0% натрийни ва натрий молибдатдан 68,0% натрийни чиқариш билан тўғри келади. Натрийни чиқариб ташлашнинг умумий даражаси 92,0% ни ташкил этди. Ток бўйича унум 90,0% ни ташкил этди, барча ортиқча сода тикланди ва натрий молибдатдан 89,0% натрий чиқарилди. 1,0 тонна содани қайта тиклаш учун сарфланган электр энергияси 2300 кВт/соатни ташкил этди. Ишлаб чиқишда регенерацияланган содани куйдирилган молибден оралик маҳсулотини содали танлаб эритиш жараёнининг "бошига" юборилишини ва натрий нитратнинг кислотали эритмаларини зарарсизлантириш учун соданинг бир қисмини сарфлашни кўзда тутди.

Тадқиқотлар натижасида ўрнатилдики, чиқарилган тўйинган сорбент ҳажмида эритманинг ҳажми (транспорт намлиги) 20% гача, шунинг учун дастлабки эритманинг бу ҳажми кейинги каллонага чиқарилади. Сорбент ва эритмани ажратиш учун ўрнатилган қутили саралагич юқори сифатли ажратишни таъминламайди (ажратиш учун етарли вақт йўқ), эритманинг асосий қисми сорбция каллонанининг юқори зонасига оқиб чиқади ва сорбция жараёнининг чиқинди эритмаси билан бирга олиб кетилади, эритманинг бошқа қисми тўйинган қатрон билан кейинги каллонага ювиш учун киради ва чиқинди эритма билан олиб чиқиб кетилади ва шу билан металнинг йўқолишига имкон беради. Транспорт эритмасини қутили саралагичдан дастлабки эритмаларни йиғиш идишига қайтариш варианты тўйинган сорбентнинг сорбция схемасидан кириб келишига олиб келади. Қутили саралагични алмаштириш учун тавсия этилган сеператорларнинг муқобил тузилишлари амалда қўлланилишни топа олмади, уларни ишлатиш қийин бўлиб чиқди ва қабул қилинган сорбцион технологияли аппаратлар схемаларига мос келмади. Сорбция каллонадаги жараёнларни назорат қилишнинг яна бир қийинлиги шундаки, тўйинган смолани чиқариб ташлашни кейинги каллонага қайта тақсимлашда каллонадаги ишчи зонанинг ҳажми тўйинган сорбентнинг ажратилган қисмига тенг ҳажмга камаяди, натижада каллонадаги ишчи зонада эришилган ион алмашинув мувозанати бузилади, ишчи концентрация фронти баландлиги ўзгаради. Натижада, сорбентларнинг ҳар уч қатламининг эритмалари аралаштирилади, тўйинганлик даражаси ҳар хил бўлган қатронлар аралаштирилади ва қатронлар билан тўйинганлик жараёни беқарорлашади. Бундан ташқари, эритманинг (дастлабки эритмадан иборат транспорт намлиги) қутили саралагичдан сорбция каллонанининг юқори қисмига қайтарилиши, каллонанинг юқори зонасида чиқинди эритмаларининг чиқиндилар

концентрациясининг эришилган мувозанатини бузади, натижада, чиқиндилардаги концентрацияни ортишига олиб келади. Колоннанинг тенг концентрациялари (ишчи қатламидаги) фронтида юқорида ўрганилган ва ўрнатилган технологик қийинчиликларни бартараф этиш учун муаллифлар СНК ўрнига қўзғалмас сорбент қатламида ишлайдиган каллонанинг янги дизайнини ишлаб чиқдилар (2-расм).

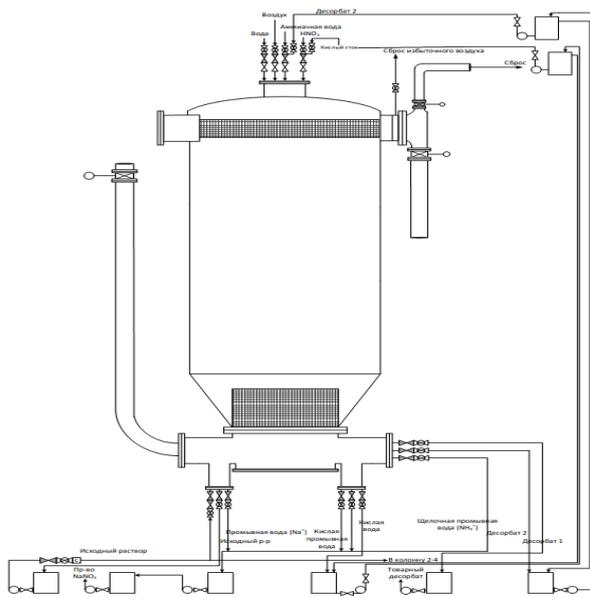
Ион алмашинувчи колоннани ишлаб чиқиш прототиби Гекко ион алмашинуви колоннанинг конструкцияси ҳисобланади.

Гекко сорбцион колоннаси (ГСК) кўп қисмли, қарши оқимли, пулсацияланувчи контактли идишдир. Ускуна одатда эритилган эритмалардан олтин ва кумушни ажратиб олиш учун ишлатилади. Коллона қатрон билан тўлдирилган ва 400 микрон ўлчамли симли элаклар билан ажратилган 4-5 қисмдан иборат.

Прототипдан фарқли ўлароқ, коллона юқори қисмда фильтр касетаси ва сиқилган ҳаво, сув, аммиакли сув ва нитрат кислотасини етказиб бериш учун қувурлар ва эритмани кейинги коллоналарга қуйиш ва чиқинди эритмани тортиб олиш учун коллектор билан жиҳозланган. Пастки қисмида фильтрли

картриж ўрнатилган, дастлабки эритмани етказиб бериш учун қувурлар, эритмаларни чиқариб ташлаш учун коллектор, товар десорбат ва ювувчи айланма сув мавжуд.

Шундай қилиб, коллонани ишлашининг ўзига хос хусусияти шундаки, ҳар бир технологик операциядан сўнг суюқ фазаси ва ювувчи сув сиқилган ҳаво билан коллонадан сиқиб чиқарилади ва шу билан зарарли қўшимча металлар ва тузларнинг эриган ҳамроҳ ионларини сорбент сиртдан олиб ташлашни таъминлайди. Юқори тозаликдаги десорбат ва тайёр маҳсулотлар олиш учун технологик шарт-шароит



**2-расм. Молибден таркибли сода эритмасини қўзғалмас сорбент билан сорбциялаш инновацион колоннаси**

яратилмоқда.

Диссертациянинг “Ташландик чиқиндиларни ва ИИЧБ молибден ишлаб чиқариш эритмаларини комплекс қайта ишлаш технологиясини ишлаб чиқиш” деб номланган тўртинчи бобида танлаб эритишнинг қаттиқ чиқиндиларини кислота билан ишлов бериш бўйича тадқиқотлар натижалари келтирилган. Лаборатория шароитида кек 70-90 °С ҳарорат оралиғида 80,0-90,0 г/л концентрацияли нитрат кислота эритмаси билан ишлов берилди,

натижада 95,0% мис нитрат кислотаси эритмасига ўтказилди, кек эса темир ва нодир металллар билан кимёвий жиҳатдан бойитилди. Олинган нитрат кислота эритмасидан мисни чўктириш учун оптимал шароитлар аниқланди:  $\text{Na}_2\text{S}$  реагентининг сарфи стехиометрик миқдорнинг 150% ни ташкил қилади, жараён ҳарорати 50-60 °С, вақт 30 минут, бунда 95,8 % гача мис бойитмага чўқади. Олинган бойитманинг тажриба партияси таркибида 22,4% мис, 2,0 г/т олтин, 11,0 г/т кумуш мавжуд.

Магнитли зарралар ва сирт фаол моддалар (полиакриламид) қўшилиши билан нам магнитли саралашда кислотали ишлов бериш кекидан темирнинг асосий қисмини магнитли фракцияга (темирни миқдори 30,0% гача) ажратиб олиниши ўрнатилди. Кекнинг номагнит қисми 6,0 г/т гача олтин, 18,0 г/т гача кумуш билан бойитилган ва нодир металллар ишлаб чиқариш учун иккиламчи хом ашё ҳисобланади.

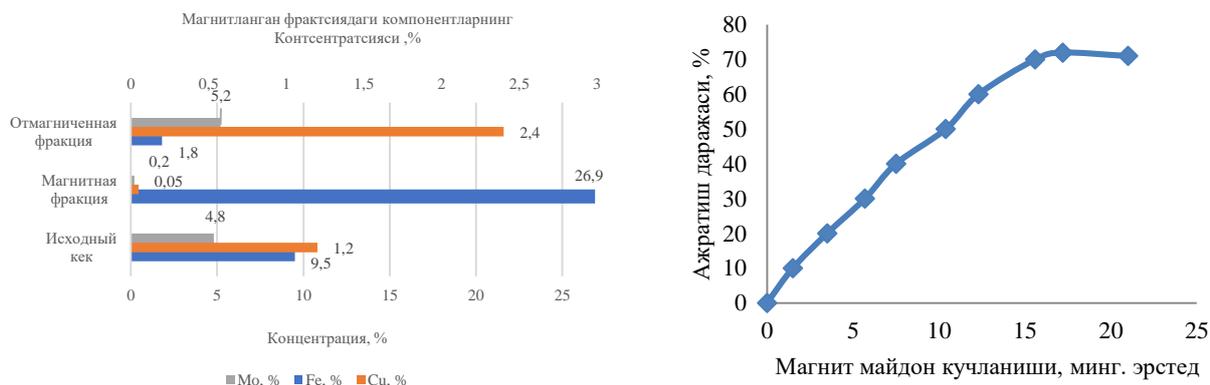
Молибден ва ренийни сорбцион ажратиб олиш жараёнида қуйидаги миқдорли, г/л: 80,0-100,0  $\text{NaNO}_3$ ; 15,0-18,0  $\text{HNO}_3$ ; 0,05 Мо; рН 2,5-3,5 ва зичлиги 1,03-1,06 г/см<sup>3</sup> бўлган натрий нитратнинг нордон саноат чиқиндилари ҳосил бўлади. Ишлаб чиқилган технология юқори сифатли товар натрий нитратини ишлаб чиқариш билан натрий нитрати эритмаларидан тўлиқ фойдаланишни таъминлайди. Ушбу технологиянинг илк бор жорий этилиши “Олмалиқ КМК” акциядорлик жамияти шароитида экологик тоза, чиқиндисиз молибден триоксид ишлаб чиқаришни таъминлайди.

Аниқланишича, танлаб эритиш кеклари таркибида гидратланган темир оксидларининг миқдори кўплиги туфайли кучсиз магнит хусусиятига эга. Қуритилган кек майин дисперсли материал ҳисобланиб, ундаги - 0,074 мм синфли фракция 95,0% гача етади ва солиштирма оғирлиги 1,33 т/м<sup>3</sup> га тенг. Ушбу физикавий хусусиятлар темирни магнитли саралаш йўли билан танлаб эритиш кеки таркибидан ажратиш учун ишлатилади.

Танлаб эритиш кекини ҳўл магнитли саралаш билан ажратиш тажрибалари лаборатория магнит сепараторида қуйидаги кетма-кетликда амалга оширилди: кек таркибида (%): 32,8 Мо; 1,2 Cu; 0,03 Re; 9,5 Fe; 4,3  $\text{SiO}_2$ ; 2,58 CaO; As, P, Sb излари мавжуд. Эритма филтрлаш орқали кекдан ажратилди; кек сув билан ювилди, кекнинг қолдиқ намлиги 42,0% ни ташкил этди; материалга куруқ оғирликда 0,8% магнетит ва 1,2 г/т миқдорда полиакриламид қўшилди; ҳосил бўлган аралашмадан Қ:С=1:1 нисбатдаги бўтана тайёрланди; тайёрланган аралашма унумдорлиги минутига 2,0; 4,0; 6,0 литр бўлган узлуксиз режимда ишлайдиган магнитли сепараторга юборилди; бунда, магнит майдонининг кучланганлиги 1600 -17000 эрстед ни ташкил қилди.

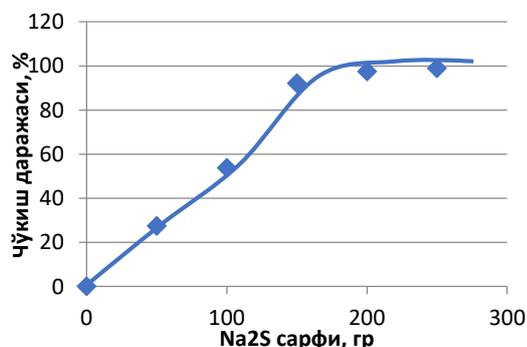
Тажрибалар натижасида таркибида 26,6% гача темир бўлган магнитланган фракция (бойитма) олинди. Олинган темир бойитмаси сирт фаол моддаси - полиакриламид таъсирида обдон тиндирилиб, филтрлаш орқали эритмадан ажратилди, тиникланган эритма мис олиш учун қайта ишлашга юборилди. Номагнит фракция (қуйрук) таркибида (%): 5,2 Мо; 2,4 Cu; 0,011 Re; 0,4 W мавжуд.

Кекнинг номагнит қисмини сульфат кислота билан танлаб эритиш эритмаларидан мисни чўктириш бўйича лаборатория тажрибалари натижалари 3, 4 ва 5-расмларда кўрсатилган.

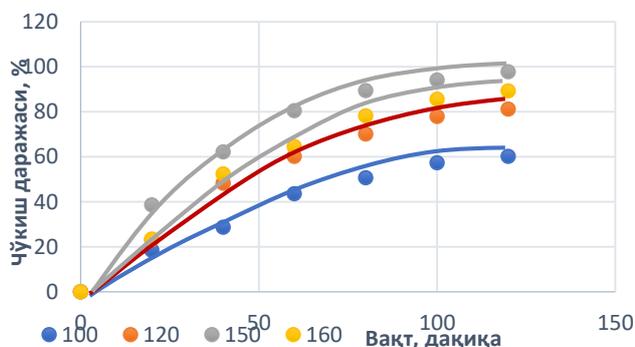


**3-расм. Ажралиш даражасининг магнит майдони кучланишига боғлиқлиги**

Эритмалардан мисни цементлаш (чўктириш) бўйича тажрибалар қуйидагича амалга оширилди: дастлабки буғлатиш орқали эритманинг зичлиги  $d=1,15 \text{ г/дм}^3$  дан лабораторияда  $d=1,18 \text{ г/дм}^3$  зичликка ҳажми 5,0 литр бўлган реакторда келтирилади, бунинг учун 3,0 литр буғлантирилган чиқинди эритмаси олиниб, унга мисни чўктириш учун зарур бўлган стехиометрик миқдордан 100,0-200,0% натрий сульфиднинг тахминий миқдорини қўшилади ва 60-80 °С дан кўп бўлмаган ҳароратда аралаштирилади, натижада мис сульфид эритмадан чўкмага тушади, чўкма филтрлаш орқали эритмадан ажратилади.

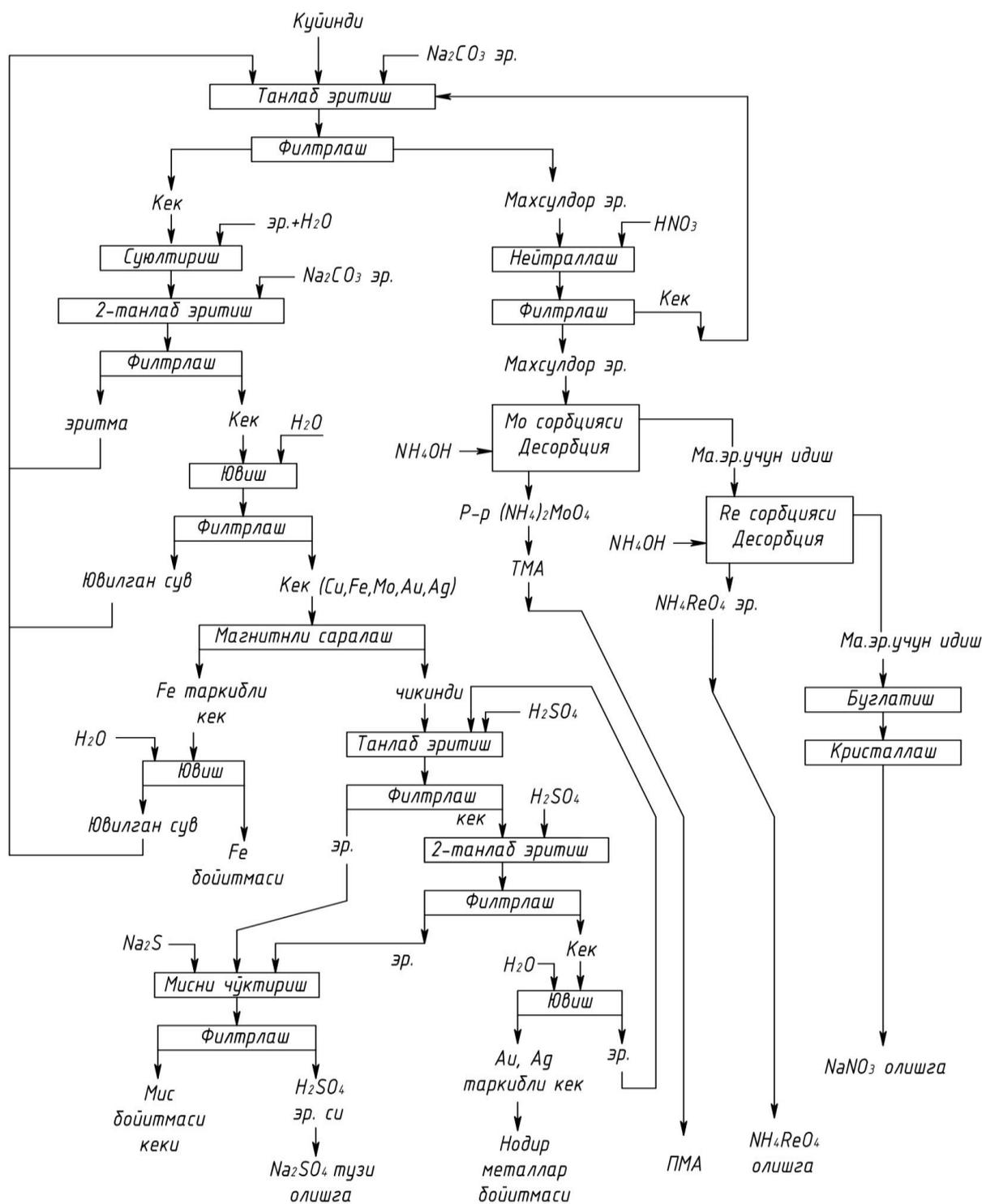


**4-расм. Эритмадан мисни чўкиш даражасини Na<sub>2</sub>S сарфига боғлиқлиги**



**5-расм. Ташлангдиқ эритмадаги мисни чўкиш даражасини контаклашиш вақтига боғлиқлиги**

Тадқиқот натижаларига кўра, сульфат кислота эритмасидан мисни чўктиришнинг (цементлашнинг) оптимал режими қуйидагича эканлиги аниқланди: Na<sub>2</sub>S сарфи – мисни чўктириш учун стехиометрик миқдорнинг камида 150%, ҳарорат 60 °С, вақт 30 дақиқа. Белгиланган режимда эритмадан мисни чўкиш даражаси 95,8% гача етди. Миснинг миқдори 22,4% бўлган бойитма олинади. Мисни чўктиришдан сўнг маҳсулдор эритманинг таркиби қуйидагича (мг/л): 6,0 Cu; 86,6 Mo; 9,1 Re; 59,95 Fe.



**6-расм. Куйдирилган молибден оралик маҳсулотини сода-сорбцион усулда қайта ишлашнинг принципиал технологик схемаси**

Диссертациянинг “Қимматбаҳо компонентлар ишлаб чиқариш билан саноат чиқинди сувларини тўлиқ утилизация қилиш ва куйдирилган молибден оралик маҳсулотини комплекс қайта ишлаш технологиясини яратиш” деб номланган бешинчи бобида куйдирилган молибден оралик маҳсулотларини сода-сорбция усулида комплекс қайта ишлашнинг ва қайта ишлашдан олинган саноат ташландиқ чиқиндиларидан

тўлиқ фойдаланган ҳолда уларни утилизация қилишнинг янги технологик схемаси (6-расм) ишлаб чиқилган (2, 3, 4-бобларда келтирилган).

Куйдирилган молибден оралиқ маҳсулотидан молибденни танлаб эритишнинг янги технологиясида 90-95 °С ҳароратда, Қ:С=1:4 нисбатда қарама-қарши оқимли икки босқичли содали танлаб эритиш қўлланилади; сода сарфи  $E = 2,2-2,5$  эквивалентида, танлаб эритиш вақти 2,5-3,0 соат. Танлаб эритилган кек иссиқ сув билан ювилади. Танлаб эритиш ва ювиш сувининг иккинчи босқичининг эритмаси дастлабки сода эритмасини тайёрлаш учун ишлатилади. Куйдирилган оралиқ маҳсулотдан карбонат эритмасига молибденнинг умумий ажралиши 96,0-98,0% ни ташкил қилади. Натрий молибдат эритмаси таркиби куйидагича г/л: 69,0 Мо; 110,0  $Na_2CO_3$ ; 60,0 NaOH, рН 10,4 да. Бу ҳолда қаттиқ чўкмада мис, темир, кальций ва нодир металллар қолади.

Нордон (рН 2,5-3,0) эритмалардан молибденни сорбциялашнинг яратилган технологиясида А-100 (Мо) Purolait анионити, рений учун эса А-170 (Ре) Purolait анионити ишлатилди. Аммиакли десорбатдаги эритмадан молибденнинг 97,4-98,2%, ренийнинг 70,6% гача ажратиб олинишига эришилди. Аммиакли десорбатдан молибден миқдори 120,0-140,0 г/л бўлган аммоний тетрамолибдат тузлари кристалланади, сўнгра қайта кристалланиш йўли билан юқори софликка эга аммоний парамолибдат тузлари олинади, ундан тоблаш орқали юқори софлиги 99,96% бўлган молибден уч оксиди олинади. Молибден сорбцияси маҳсулдор эритмаларидан А-170 (Ре) Purolait анионити ёрдамида рений олинади, десорбатда рений миқдори кам бўлганлиги сабабли эритмани буғлатиш йўли билан концентрацияси таъминланади ва концентрацияси ошган эритмадан аммоний перренат тузлари кристалланади. Бу тузлар таркибида 89,0 % гача рений мавжуд бўлиб, у товар маҳсулоти ҳисобланади.

Яратилган технологияда илк бор янги конструкциядаги колонна типдаги ювиш ускунасини қўллаган ҳолда тўйинган ионит юзасини натрийдан чуқур тозалаш схемаси жорий этилди. Ионитни натрий тузларидан чуқур тозалаш уни рН 3,5-4,0 да кислота билан ювиш ва маҳсус чиқиш трубкалари орқали ускуна ҳажмидан ювиш сувини тўлиқ чиқариб ташлаш орқали амалга оширилади. Натрийдан тозаланган тўйинган ион алмашинувчини олиш натрий ва бошқа ишқорий металлларнинг зарарли (қўшимча) элементларидан юқори тозаликдаги ПМА ишлаб чиқаришни таъминлайди.

Янги технологияда куйдирилган молибден оралиқ маҳсулотини содали танлаб эритишнинг қаттиқ қолдиқлари кислотали ишлов беришдан ўтказилади, бунда мис (95,0% гача) ва темирнинг бир қисми нитрат кислота эритмасига ўтказилади. Натрий сульфид билан нитрат кислота эритмасидан мисни чўктириш учун оптимал шароитлар ишлаб чиқилди. Олинган бойитма таркибида 22,4% мис, 2,0 г/т олтин ва 11,0 г/т кумуш мавжуд бўлиб, “Олмалиқ КМК” АЖнинг мис эритиш заводининг мавжуд технологиясидан фойдаланган

ҳолда мис ва нодир металллар ишлаб чиқариш учун иккиламчи хомашё ҳисобланади.

Кислота билан ишлов бериш кеки филтрлаш орқали эритмадан ажратилади, нейтрал муҳитда ювилади ва темир ва нодир металлларни ажратиб олиш учун кимёвий бойитилган кўшимча маҳсулотдир. Технологияда ювилган кекдан магнитли саралаш орқали магнитли фракциясини (темир) номагнит фракциядан ажратилади. Магнитли фракция тарқибида 30,0% гача темир ўз ичига олган бойитма сифатида чиқарилади ва номагнит қисми нодир металллар билан бойитилади.

Ишлаб чиқилган технологияда биполяр мембранали электролиз усулида куйиндини танлаб эритиш эритмалардан ортиқча содани қайта тиклашнинг технологик схемаси таклиф қилинди. Тозаланган эритмадаги рНнинг охириги қиймати 1,2-1,5 га созланиши мумкин, бунда натрий молибдат эритмасидан сода ва 85,0-90,0% натрийнинг тўлиқ чиқарилишига тўғри келади.

Куйдирилган молибден оралик маҳсулотини қайта ишлашнинг экологик хавфсиз технологиясини яратиш мақсадида сорбция жараёнидаги оқава сувларни тўлиқ утилизация қилиш схемаси ишлаб чиқилди. Нордон оқава сувлар сода билан зарарсизлантирилиб, ундан таркиби, г/л: 100,0-130,0  $\text{NaNO}_3$ ; рН 7,5-8,0 ва зичлиги 1,06-1,08 г/см<sup>3</sup> бўлган натрий нитрат эритмаси олинади. Ишлаб чиқилган технология юқори сифатли тижорат натрий нитрати ишлаб чиқариш билан натрий нитрат эритмаларидан тўлиқ фойдаланишни таъминлайди.

Ишлаб чиқилган технология, шунингдек, махсус қурилмаларда сода эритмаси билан ажралиб чиқадиган нитрат кислотаси ва азот оксиди буғларини нам тутиш орқали ҳаво ҳавзасини ҳимоя қилиш масалаларини ҳал қилади.

Умуман олганда, ишлаб чиқилган янги технологик босқичларни жорий этиш молибден ажратиб олишни 3,0-3,5 фоизга ошириш ва юқори сифатли молибден триоксиди олиш, шунингдек, ренийни аммоний перренат, мис ва темирдан саноат аҳамиятига эга бўлган тайёр маҳсулотларга ҳамда олтин, кумуш ва бошқа нодир металллар бўлган ўрта маҳсулотларга бир вақтнинг ўзида ажратиб олиш имконини беради. Товар натрий нитрат ишлаб чиқарилади ҳамда қаттиқ чиқиндилар ва оқава сувларни утилизация қилиш, газ чиқиндиларини тозалаш орқали долзарб экологик муаммо ҳам ҳал қилинди.

Ишлаб чиқилган технологик жараёнлар ва қурилмаларни жорий этишдан олинган жами иқтисодий самара йилига 2,5 миллион АҚШ долларини ташкил этади.

## ХУЛОСА

1. Молибден концентратлари ва оралик ярим маҳсулотларини қайта ишлаш натижасида натрий карбонат эритмалари билан куйдирилган оралик маҳсулот тарқибидаги молибден оксиди ўртасидаги кимёвий реакциянинг кинетикаси аниқланди.

2. Куйдирилган оралик маҳсулотдан молибден оксидини 100,0-120,0 г/л концентрацияли натрий карбонат эритмаси билан танлаб эритиш реакциясининг термодинамик ҳисоблари ўтказилиб, реакцияларнинг мувозанат константаси ва изобар потенциалларининг олинган қийматлари молибден оксиди ва сода эритмаси ўртасидаги реакцияни 90-95 °С ҳароратда эритувчи концентрациясига ва аралаштириш тезлигига тўғри пропорционал эканлиги асосланди.

3. Карбонат молибдат эритмаси рН 2,5-3,0 нитрат кислота билан нейтралланганда, молибден полианионлари  $Mo_nO_m^{h-}$  ва А100 (Mo) Puoralite анионитининг селективлигини ошиши аниқланди.

4. Тўйинган сорбент юзасида молибденли полианионларни сорбциялаш жараёнида натрий ионларининг юпқа электростатик диффузия қатлами (фон) ҳосил бўлиши ва анион алмашинувчи ҳажмини қоплаши асосланди.

5. Тўйинган сорбентни натрий ионларидан илиқ кислотали ювишни амалга ошириш учун махсус конструкцияли колонна типдаги аппарат ишлаб чиқилди.

6. Қимматбаҳо компонентларни ажратиб олиш учун иккиламчи хом ашё сифатида нодир металллар билан мис-темир кеки ишлаб чиқаришнинг оптимал технологик параметрлари тавсия этилди.

7. Натрий нитратининг қаттиқ тузини буғлатиш ва кристаллаш усули билан куйдирилган молибден оралик маҳсулотларини гидрометаллургик қайта ишлашдан олинган саноат оқава сувларини утилизация қилишнинг технологик схемаси ишлаб чиқилди.

8. Ионитларнинг физик-кимёвий хоссалари ва сиғим характеристикалари, сода эритмасидан молибденни олишда сорбция ва десорбция жараёнлари кинетикасини аниқлаш асосида сорбция усули самарали ҳисобланиб, молибденнинг селектив сорбцияси учун А100 (Mo) Puoralite анионити, ренийнинг сорбцияси учун эса А170 (Re) Puoralite анионити тавсия этилди.

9. Кальциланган молибден оралик маҳсулотини ювиш жараёнида соданинг солиштирма сарфини камайтириш мақсадида мембрана электролиз усулида сода регенерациясининг технологик схемаси амалиётга жорий этиш учун тавсия этилди.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.03/30.12.2019.К/Т.03.01 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ  
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИТАРНОГО  
ПРЕДПРИЯТИЯ «ФАН ВА ТАРАККИЁТ» ПРИ ТАШКЕНТСКОМ  
ГОСУДАРСТВЕННОМ ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ  
ИМЕНИ ИСЛАМА КАРИМОВА**

---

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

**ШОДИЕВ АББОС НЕЪМАТ УГЛИ**

**УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ КОМПЛЕКСНОЙ  
ПЕРЕРАБОТКИ ОБОЖЖЕННОГО МОЛИБДЕНОВОГО  
ПРОМПРОДУКТА СОДОВО-СОРБЦИОННОГО СПОСОБА**

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

**АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ  
ДОКТОРА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК (DSc)**

**Ташкент– 2022**

**Тема докторской диссертации (DSc) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан под номером B2022.3.DSc./T534.**

Диссертация выполнена в государственном унитарном предприятии «Фан ва тараккиёт» при Ташкентском государственном техническом университете имени Ислама Каримова и Каршинском инженерно-экономическом институте.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице научного совета ([www.gupft.uz](http://www.gupft.uz)) и на информационно-образовательном портале «ZiyoNet» ([www.ziyo.net](http://www.ziyo.net)).

**Научный консультант:** **Хасанов Абдирашид Салиевич**  
доктор технических наук, профессор

**Официальные оппоненты:** **Шадрунова Ирина Владимировна**  
доктор технических наук, профессор

**Шарипов Хасан Турапович**  
доктор химических наук, профессор

**Камалов Турсунбой Очилович**  
доктор технических наук, с.н.с.

**Ведущая организация:** **Алмалыкский филиал Национального исследовательского технологического университета «МИСиС»**

Защита диссертации состоится «14» сентября 2022 года в 14<sup>00</sup> 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: [fanvataraqiyot@mail.ru](mailto:fanvataraqiyot@mail.ru)), в здании «Фан ва тараккиёт» ГУП, 2 этаж, зал конференций).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре ГУП «Фан ва тараккиёт» (зарегистрированный номером №19-22). (Адрес: 100174, г. Ташкент, ул. Мирзо Голиба 7а тел.: (99871) 246-39-28; факс: (99871) 227-12-73).

Автореферат диссертации разослан «12» сентября 2022 г.  
(протокол реестра №19-22 от 18 августа 2022 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 наук (DSc))**

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** В мировой металлургической промышленности для производства ферромолибдена и продуктов высокой чистоты, технический оксид молибдена, который является стандартными молибденовыми концентратами и считается самым основным продуктом имеющий огромное значение. В связи с этим, усовершенствование существующих технологических этапов переработки молибденовых промпродуктов и получения высококачественной продукции из минерального сырья, создание экологически чистой и ресурсосберегающей технологии, а также технологии комплексной переработки обожженных молибденсодержащих продуктов в содо-сорбционным способом имеет важное значение.

В мире проводятся научные исследования, способствующие трансформации металлургической промышленности, созданию технологий извлечения редких и редкоземельных металлов из энергоэффективного производства металлов и переработки техногенных отходов, совершенствованию существующих технологий. В этом аспекте, необходимо углубленный анализ физико-химических основ технологических процессов при извлечении цветных и редких металлов из техногенных отходов, факторов, влияющих на извлечение молибдена и других ценных компонентов, а также методов утилизации отходов и промышленных сточных вод, разработка новых технологических методов комплексного переработка минерального сырья и создание безотходной и экологически чистой технологии производства редких и цветных металлов имеет особое значение.

В республике горно-металлургическая промышленность является одной из важнейших отраслей в развитии страны, на этой платформе проводятся научные исследования по переработке полиметаллических полезных ископаемых, в том числе медно-молибденовых руд, и достигаются определенные результаты. В Стратегии дальнейшего развития нового Узбекистана сформулированы важные задачи, в частности «...поднятию промышленности на качественно новый уровень, глубокой переработке местного сырья, ускорению производства готовой продукции, освоению новых видов продукции и технологии...»<sup>2</sup>. В этом аспекте, в частности, разработка новых инновационных технологий, в том числе углубленного извлечения ценных компонентов из редких металлов и минерального сырья имеет большое значение.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренный в Указе Президента Республики Узбекистан от 17 января 2019 года №УП-4124 «О мерах по дальнейшему совершенствованию деятельности предприятий горно-металлургической отрасли» и в Постановлении от 24 июля 2017 года №ПП-3145 «О мерах по

---

<sup>2</sup> Указ Президента Республики Узбекистан от 28 января 2022 года №УП-60 «О Стратегии развития нового Узбекистана на 2022 — 2026 годы».

совершенствованию управления научно-исследовательскими и проектно-испытательскими работами в сфере промышленного освоения месторождений рудных полезных ископаемых», а также в других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере.

**Соответствие исследования с приоритетными направлениями развития науки и технологии 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)».

**Обзор зарубежных научных исследований по теме диссертации<sup>2</sup>**  
Научные исследования, направленные на производство редких металлов из рудного и техногенного сырья ведутся в ведущих научных центрах и высших образовательных учреждениях мира, в том числе в: Пекинском горно-металлургическом институте (Китай), Colorado school of mines (США), Пекинский университет науки и технологий (Китай), Техасский университет эль-Пасо (США), KGHM Polska Miedz (Польша), Университет Торонто (Канада), Университет науки и технологий Ухана (Китай), Университет Аугсбург (Германия), Корейский институт редких металлов (Южная Корея), АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат», Национальном исследовательском технологическом университете «МИСиС» (Россия) и Навоийском государственном горно-технологическом университете (Узбекистан).

В результате исследований, проведённых в ведущих мировых научных центрах по совершенствованию технологии извлечения молибдена, получен ряд научных результатов, в том числе: методика аммиачного выщелачивания обожжённых концентратов Национальный исследовательский технологический университет («МИСиС», Россия); предложены способы сорбционного извлечения молибдена и рения из растворов выщелачиванием обожжённых концентратов (Университет Торонто, США); исследованы способы обжига молибденовых концентратов с дальнейшим содово-сорбционным выщелачиванием (Пекинский горно-металлургический институт, Китай); создана схема переработки молибдено-висмутовой руды и коллективный молибдено-висмутовый концентрат подвергается автоклавному выщелачиванию (Фабрика Прейссак, Франция).

В мире с целью по усовершенствованию технологии извлечение редких металлов из концентратов ведется ряд исследовательских работ по следующим приоритетным направлениям, в том числе научно-производственном объединении (НПО) по производству редких металлов и твердых сплавов (ПРМ и ТС) (бывший УзКТЖМ) перерабатывается аммиачным выщелачиванием обожженный медно-молибденовый промпродукт с содержанием 25,0-30,0 % молибдена и до 5,0% меди.

---

<sup>2</sup> Обзор зарубежных научных исследований по теме диссертации разработан: <https://marketing.rbc.ru/landings/dragotsennye-metally/>, <https://ru.investing.com/equities/impala-platinum-holdings-ltd>, <https://www.mineral.ru/Analytics/worldevents>, <https://www.krastsvetmet.ru/> и других источников.

Фильтрацией выделенный железо–медный осадок из-за значительного содержания в нем молибдена (более 8,0%), подвергается к многократному повторному выщелачиванию. Так же в раствор попутно переходит окисленной части меди виде аммониево-молибдено–медных комплексов. Полученный раствор дополнительно очищается от меди, осаждением слабо растворимых сульфидов меди с применением агрессивных химических реагентов. Из очищенных растворов осаждают соли тетрамолибдат аммония (далее ТМА), из которого прокаливанием получают оксид молибдена. Технология многостадийная, трудоемкая в разделении твердых и жидких фаз, технологические процессы сопровождаются с большими аммиачно–воздушными выбросами, относительно низкое суммарное извлечение молибдена из промпродукта, качество получаемого ТМА не обеспечивает выпуска товарной продукции с высокой добавленной стоимостью.

**Степень изученности проблемы.** В области развития производства редких металлов из минерального и техногенного сырья внесли свой значительный вклад такие зарубежные 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., Пирматов Э.А., 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. и др. Созданием технологии переработки и утилизации техногенных отходов содержащих редких металлов и разработке технологии извлечения редких металлов из минерального и техногенного сырья занимались отечественные учёные Х.Т.Шарипов, К.С.Санакулов, А.С.Хасанов, В.П.Гуро, Якубов М.М., Михриддинов М. и другие.

Исходя из анализа существующих работ следует отметить, что были проведены комплексные исследования и разработаны методы получения содово-сорбционного выщелачивания для повышения эффективности селективного извлечения. В результате проведенных исследований не приведено подробных данных о типах ионообменной смолы, используемой при сорбции молибдена. Данная диссертация посвящена исследованию и разработке усовершенствованной технологии извлечения редких металлов при обогащении обожженного молибдена.

**Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего учебного заведения или исследовательского учреждения.** Диссертационное исследование выполнено в рамках плана научно-исследовательских работ Навоийского государственного горного института и договорной работы №63-318юр от 4.02.2019 г. между АО «Алмалыкский ГМК» и ГУП «Фан ва тараккиёт» Ташкентского государственного технического университета имени Ислама Каримова на тему «Разработка технологии извлечения молибдена, меди, рения и благородных металлов из минерального сырья и сбросных кеков и растворов» и №63-124 юр от 28.03.2022 г. между АО «Алмалыкский ГМК» и

КИЭИ на тему: «Исследования и разработка технологии переработки не стандартного молибденового концентрата содово-сорбционным способом».

**Целью исследования** является усовершенствование технологии комплексной переработки обожженного молибденового промпродукта содово-сорбционным способом.

**Задачи исследования:**

исследование минерало-петрографического и химического состава, обожженного молибденового промпродукта;

исследование кинетических характеристик и механизма содового выщелачивания обожженного молибденового промпродукта;

исследование состояние ионов молибдена (VI) в водных растворах;

исследование сорбции молибдена и рения из карбонатных растворов молибдата натрия и выбор селективного ионита;

исследование методов мембранного электролиза регенерации избыточной соды из карбонатного раствора молибдата натрия;

исследование способов переработки молибдена-медно-железистых кеков выщелачивания обожженного молибденового промпродукта со извлечением ценных компонентов;

выбор рациональной технологии утилизации промышленных стоков переработки обожженного молибденового промпродукта.

**Объектами исследования** являются обожженный молибденовый промпродукт МПЗ АО «Алмалыкский ГМК».

**Предметом исследования** является разработка технологии извлечения молибдена и рения из обожженного молибденового промпродукта, попутного получения полуфабриката содержащий медь, железо и благородные металлы, утилизация сбросных промышленных стоков переработки.

**Методы исследования.** В диссертационной работе применены современные методы физико-химического анализа, в том числе электронная микроскопия; рентгеноструктурный, пробирный, рентгенофазовый (РФА), дифференциально-термический (ДТА) и электрохимические анализы, а также другие стандартные методы анализа.

**Научная новизна исследования** заключается в следующем:

выявлено протекания химической реакции между оксидом молибдена, в составе обожженного промпродукта с растворами карбоната натрия;

обоснована кинетика и механизмы реакции селективного выщелачивания оксида молибдена из обожженного промпродукта раствором карбоната натрия с концентрацией 100,0-120,0 г/л;

установлено, что при нейтрализации раствора карбонатного молибдата азотной кислотой рН 2,5-3,0 полианионы молибдена  $Mo_nO_m^{h-}$  повышают селективности анионита А100 (Мо) Puoralite;

обосновано формирование тонкого электростатического диффузионного слоя (фона) ионов натрия и покрытие анионообменного объема в процессе сорбции полианионов молибдена на насыщенной поверхности сорбента;

разработан аппарат колонного типа специальной конструкции для проведения теплой кислотной промывки насыщенного сорбента от ионов натрия;

разработаны оптимальные технологические параметры получения медно-железного кека с редкими металлами в качестве вторичного сырья для извлечения ценных компонентов;

разработана технологическая схема утилизации промышленных сточных вод, полученных при гидрометаллургической переработке молибденовых промпродуктов, обожженных методом выпаривания и кристаллизации твердой соли нитрата натрия.

**Практические результаты исследования** заключаются в следующем:

разработана технология двух стадийного содового выщелачивания обожженного молибденового промпродукта;

разработана технология сорбционной извлечения молибдена и рения из карбонатных растворов выщелачивания огарка с получением высокочистых аммиачных солей парамолибдата и перената рения которые являются продуктом для получения оксидов молибдена и рения;

разработана технология получения полуфабрикатов меди, железа и благородных металлов из твердых остатков содового выщелачивания огарка;

разработана технология утилизации сбросных промышленных стоков с получением товарной натриевой селитры.

предложена технология регенерации соды из карбонатных растворов молибдата натрия.

**Достоверность полученных результатов** объясняется близостью результатов крупномасштабных лабораторных экспериментов и полупромышленных испытаний с использованием современных компьютерных и программных средств, подтверждением качеством полученных продуктов переработки, актами лабораторных и опытно-промышленных испытаний, также разработанной и утвержденной руководством АО «Алмалыкский ГМК» от 10.01.2020 г., временной технологической инструкцией для разработки технического регламента к проекту строительства перерабатывающего комплекса.

**Научная и практическая значимость результатов исследования.**

Научная значимость результатов исследования обусловлена определением формы расположения молибдена, рения и других ценных компонентов в обожженном промпродукте молибдена, выявлением условий селективного выщелачивания молибдена раствором кальцинированной соды в интервале температур 90,0-95,0°C, двух стадийное содовое выщелачивание обеспечивается 96,0 -98,0 % извлечением молибдена в раствор, определение ионного состояния молибдена и рения в водных растворах селективного растворения карбонатов, определение селективных ионообменников, выбранных для извлечения молибдена и рения из подкисленного карбонатного раствора на теоретической основе, разработка способа очистки поверхности насыщенного сорбента от ионов натрия в диапазоне температур 60,0-80,0 °C в

результате получение раствора молибдата аммония глубоко очищенного от ионов натрия из которого производится высококачественной триоксид молибдена.

Практическая значимость результатов исследования заключается в том, что на основании теоретических и лабораторных исследований содового выщелачивания обожженного молибденового промпродукта и сорбционного извлечения молибдена и рения из карбонатных растворов, получение полуфабрикатов содержащий медь, железо и благородных металлов, полной утилизации промышленных стоков на натриевую селитру, а также на результатах физико-химического анализа продуктов переработки разработана технология комплексной переработки обожженного молибденового промпродукта АО «Алмалыкский ГМК».

**Внедрение результатов исследования.** На основе проведенных научных исследований по усовершенствованию технологии комплексной переработки обожженного молибденового промпродукта содово-сорбционным способом, получены следующие результаты:

разработанная технология извлечения молибдена из обожженных молибденовых промпродуктов с применением сорбционной технологической схемы внедрена в АО «Алмалыкский ГМК» (Справка АО «Алмалыкский ГМК» №АА-005782 от 02 августа 2022 года). В результате, появилась возможность извлечения молибдена до 90%, непосредственно в зависимости от скорости перемешивания и концентрации растворителя при температуре 90-95°С между оксидом молибдена и раствором соды;

разработанные параметры технология содового выщелачивания на основании проведенных исследований физико-химических свойств и емкостных характеристик ионитов, кинетики процессов сорбции и десорбции для извлечения молибдена из содового раствора внедрены в АО «Алмалыкский ГМК» (Справка АО «Алмалыкский ГМК» №АА-005782 от 02 августа 2022 года). В результате, появилась возможность использовать для селективной сорбции молибдена анионит А100 (Mo) Purolite, а для сорбции рения анионит А170 (Re) Purolite;

разработанная технология с целью снижения удельного расхода соды в процессе выщелачивания обожженного молибденового промпродукта и технологическая схема регенерации соды с использованием метода мембранного электролиза внедрена в МПЗ АО «Алмалыкский ГМК» (Справка АО «Алмалыкский ГМК» №АА-005782 от 02 августа 2022 года). В результате, появилась возможность выведения натрия с общей скоростью 92,0%, выход по току составляет около 90,0% и дополнительно получить медь, золото и серебро в кеке.

**Апробация результатов исследования.** Результаты исследования обсуждены на 10 конференциях, в том числе 5 международных и 5 республиканских научно-практических конференциях.

**Опубликованность результатов исследования.** По теме диссертации опубликованы 20 научных работ, в том числе 2 монографии, 8 научных статей,

из них 4 в республиканских и 4 в зарубежных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов докторских диссертаций.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения, списки использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 178 страниц компьютерного текста.

## 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 переработки молибденовых руд и концентратов и актуальные вопросы комплексного использования сырья**» рассмотрены геолого-минералогические и технологические характеристики, современное состояние обогащения медно молибденитовых руд, аналитический обзор способов переработки и молибденовых концентратов и промпродуктов, состояние ионов молибдена (VI) в водных растворах и механизм образования поли ионов молибдена, Современное состояние и развития применение ионнообменных процессов в гидрометаллургии молибдена.

Из анализа действующих технологических схем обогащения медно-молибденовых руд перспективным является комбинированная схема сочетающая инновационные методы обогащения и гидрометаллургии (содовое выщелачивание и ионообменные процессы), которые подчёркивают актуальность и востребованность темы диссертации.

установлено, что огарки молибденового концентрата перерабатываются аммиачном выщелачиванием не обеспечивает полное извлечение молибдена с малым содержанием в исходном продукте. Главный недостаток данного способа – низкая степень извлечения молибдена и жесткие требования к составу исходного огарка, с точки зрения получения качественной продукции;

выявлено, что огарки с низким содержанием молибдена и значительным содержанием меди целесообразно перерабатывать содовым выщелачиванием при этом исключается перевод меди в продуктивный в содовый раствор;

установлена, что при подкисление карбонатных растворов образуются полионы молибдена которые избирательно сорбируется ионитом из подкисленного карбонатного раствора эффективно извлекается молибден ионнообменным способом с большими емкостными характеристиками;

установлено, что конструкции действующих колонн СНК требует доработку по обеспечению получения десорбата более высокой качества по примесью натрия.

Во второй главе **«Выбор и обоснования объектов исследований и методика проведения экспериментов по разработке технологии комплексной переработки обожженного молибденового промпродукта АО «Алмалыкский ГМК»** были определены объекты исследования: обожженный молибденовый промпродукт, карбонатные растворы молибдата натрия, твердые отходы содового выщелачивания, изучены и анализированы минерало-петрографические, и химические составы исследуемых материалов, ионное состояние молибдена и других компонентов в водных растворах.

Опыты по сорбционному извлечению молибдена и рения из растворов выщелачивания обожженного молибденового промпродукта проведены на укрупненно лабораторных сорбционных колоннах на ионообменных смолах Puoralite A-100 (Mo) и Puoralite A-170 (Re) в статическом и динамическом режимах. При выполнении экспериментов приняты технологические параметры: объем исходного раствора, концентрация молибдена и рения на проскоке (сбросе), объемная емкость смолы, концентрация молибдена и рения в десорбатах.

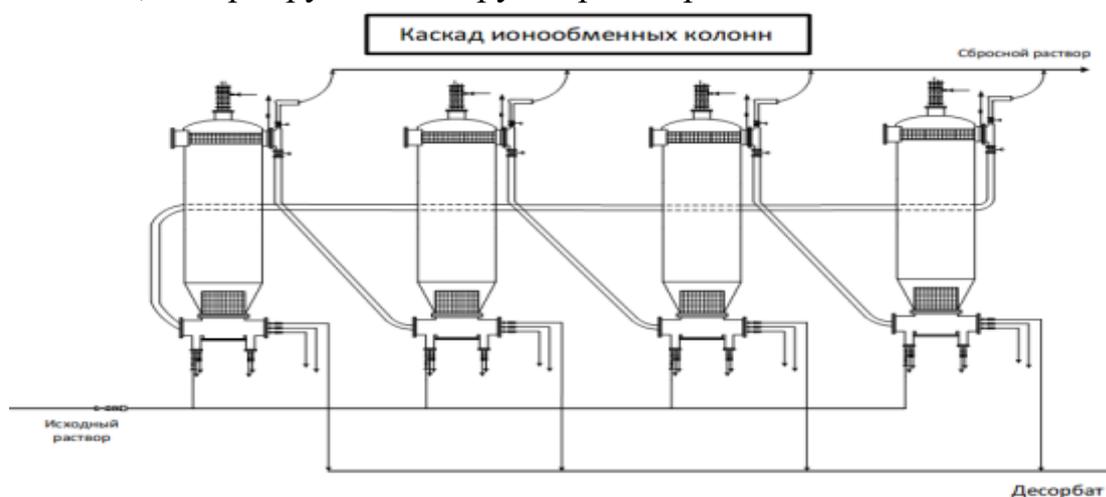
Исследуемый первый объект находится в твердом состоянии, а второй объект продуктивный раствор, поэтому для определения минералогического состава и размерных характеристик твердых частиц проведены исследования на сканирующем электронном микроскопе. Жидкие растворы анализированы химическими способами определения элементов. Для определения элементного состава и структуры исследуемых проб обожженного молибденового промпродукта и кека после выщелачивания изучили на сканирующем электронном микроскопе JSM-IT200. Компактный растровый электронный микроскоп JSM-IT200 позиционируется в качестве бюджетной настольной модели в линейке РЭМ с вольфрамовыми катодами. Этот прибор принадлежит к тому же семейству многофункциональных РЭМ InTouchScores, что и настольная модель JSM-7000 (NeoScope четвертого поколения), и высокопроизводительный аналитический растровый электронный микроскоп JSM-IT500.

Обоснованы проводимые исследования и разработаны методики проведения экспериментов по двух стадийному содовому выщелачиванию обожженного молибденового промпродукта, сорбционному извлечению молибдена и рения из растворов молибдата натрия, глубокой очистке аммиачных молибдатных растворов от ионов натрия и других натриевых солей, регенерацию соды из карбонатных растворов, получению полуфабрикатов содержащие медь, железо и благородные металлы, по утилизации сбросных промышленных стоков. Определена последовательность выполнения каждого проводимого эксперимента.

Созданы лабораторные и полупромышленные установки для проведения экспериментов и испытаний.

В третьей главе диссертации «Исследование и определение технологических параметров содового выщелачивания обожженного молибденового промпродукта, извлечение молибдена и рения из карбонатных растворов» экспериментально найдены оптимальные условия двух стадийного содового выщелачивания обожженного молибденового промпродукта: в интервале температур  $95,0-98,0^{\circ}\text{C}$ , в соотношении Т:Ж = 1,0 : 4,0, в содовом эквиваленте  $E=2,2-2,5$  достигнуто суммарное селективное извлечение молибдена в карбонатный раствор 96,0-98,0%. Присутствующие в огарке медь, железо и благородные металлы полностью остаются в твердом остатке, кремний частично переходит в карбонатный раствор.

Для проведения экспериментальных работ по сорбционному извлечению молибдена из раствора содового выщелачивания обожженного молибденового промпродукта нами была создана лабораторная макетная сорбционная установка, состоящая из четырех сорбционных колонок с общим объемом 100,0 литров, снабженная напорными емкостями для подачи исходных, промывных, десорбирующих и других растворов.



**Рис. 1. Новая установка для извлечения молибдена из содовых растворов в непрерывном режиме**

Исходный раствор молибдата натрия подкислялся раствором азотной кислоты до рН 3,0-3,5. Скорость пропускания через колонки со смолами составлял 4-5 л/мин, а скорость пропускания десорбата через колонку составлял 10,0-12,0 л/мин. Содержание молибдена в продуктивном растворе колебался от 60,0 г/л до 80,0 г/л. Анализ растворов по содержанию молибдена проводили в аналитической лаборатории НПО ПРМиТС методом отбора проб по 0,1 л. рН раствора определяли визуально универсальной лакмусовой бумагой. Процессы сорбции проводили пропусканием раствора через неподвижный слой смолы снизу вверх, а десорбцию сверху вниз. После пропускания определенного количества исходного раствора проводили общую промывку колонок пятью объемами деминерализованной водой, затем каждую колонку отдельно десорбировали. В качестве десорбата

использовался 12,5%-ный водный раствор аммиака. Промывку сорбента после процесса десорбции проводили дистиллированной водой до pH равной 6,0-7,0. Последовательным выпариванием, объединив элюат с промывным раствором, в каждом цикле получали концентрат парамолибдата аммония, дальнейшим прокаливанием его при 800,0-900,0°C превращали в MoO<sub>3</sub>. За расчетный период для определения влияние pH раствора и кратности циклов сорбции-десорбции на сорбционную способность смолы было проведено 10 циклов сорбции-десорбции. Результаты испытаний представлены в таблице 1.

**Таблица 1**

**Влияние pH азотнокислого раствора на полную динамическую обменную емкость (ПДОЕ) смолы А100Мо (V<sub>емкость</sub>=250 мл)**

pH раствора	Полная динамическая обменная емкость (ПДОЕ) по MoO <sub>3</sub> и Mo в расчете на 1 мл смолы			Примечание
	MoO <sub>3</sub>	Mo	ПДОЕ по Mo мг/мл	
2,5	69,0	46,0	184,0	Mo со временем частично выпадает в осадок
3,0	68,0	45,3	181,2	Mo со временем частично выпадает в осадок
3,5	65,0	43,3	173,2	Mo не выпадает в осадок
4,0	64,0	42,6	170,4	Mo не выпадает в осадок
Сред. знач.	66,5	44,3	177,0	ПДОЕ на 1 мл смолы составляет 177,0 мг/мл

Из таблицы 1 видно, что с уменьшением pH раствора обменная емкость смолы по молибдену увеличивалась, чем в других растворах, имеющих высокие значения pH. При этом Mo со временем выпадал в осадок в виде тетраамомолибдата аммония, что может привести к остановке процесса в связи с тем, что колонки могут забиться кристаллами тетраамомолибдата аммония, а с увеличением pH раствора (pH->4) обменная емкость смолы уменьшается. Поэтому, сорбция ионов молибдена из раствора, имеющая pH - 3,5 считается оптимальной. В работе проведены исследования по регенерации избыточной соды из растворов выщелачивания обожженного молибденового промпродукта. Эксперименты проведены в пятимодульном укрупненном электролизере фильтр-прессного типа, производительностью 20,0 л/час по содово-молибдатному раствору, при различных плотностях тока в интервале 100,0-300,0 А/м<sup>2</sup> из промышленных растворов молибдата натрия, содержащий, в г/л: 60,0-90,0 Mo; 80,0-120,0 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>; 0,4 -0,7 SiO<sub>2</sub>.

Установлено, что при электрохимическом подкислении щелочного раствора молибдата натрия до pH 8,0 замещается половина ионов натрия, связанные с избыточной содой, при дальнейшем снижении pH раствора разлагается бикарбонат натрия и начинают выделяться газы CO<sub>2</sub>, заканчивается разложение соды при pH-3,0. Регенерируется сода в процессе

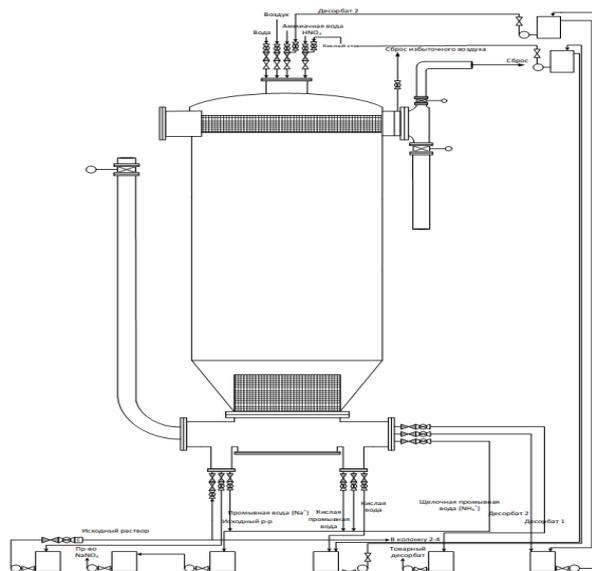
мембранного электролиза путем контактирования углекислого газа с катионитом:



В укрупненно–лабораторных условиях на биполярном мембранном электролизере (БМЭ) переработана 200,0 литров промышленного раствора молибдата натрия, состава, в г/л: 69,0 Мо; 110,0  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ; 60,0  $\text{NaOH}$  с рН 10,4 до рН 2,0 и до остаточного содержания натрия 3,9 г/л, что соответствует выводу 100,0 % натрия из соды и 68,0% натрия из молибдата натрия. Общая степень вывода натрия составила 92,0%. Выход по току составил 90,0%, регенерировалась вся избыточная сода и выводилась 89,0% натрия из молибдата натрия. Расход электроэнергии на регенерацию 1,0 тонны соды составил 2300 к Втч. В разработке предусматривается направлять регенерированную соду в «голову» процесса содового выщелачивания обожженного молибденового промпродукта, часть соды на нейтрализацию кислых растворов натриевой селитры.

Исследованиями установлено, что в объеме отводимого насыщенного сорбента объем раствора (транспортной влаги) составляет до 20%, следовательно, этот объем исходного раствора отводится в следующую колонну. Для разделения сорбента и раствора установленный ящичный сепаратор не обеспечивает качественное разделение (не хватает времени для разделения), основная часть раствора стекает в верхнюю зону колонны сорбции и уносится со сбросным раствором сорбционного передела, другая часть раствора поступает с насыщенной смолой в следующую колонну на промывку и уносится со сбросным раствором, тем самым допускается потеря металла. Вариант возврата транспортного раствора из ящичного сепаратора в бак-сборник исходных растворов приводит к уносу насыщенного сорбента из сорбционной схемы. Предложенные альтернативные конструкции сепараторов в замену ящичному не нашли применения в практике, они оказались сложными при эксплуатации, не вписывались к принятым схемам аппаратов сорбционной технологии. Другой сложностью в управлении процессами в колонне сорбции является то, что в передел отвода насыщенной смолы в следующую колонну объем рабочей зоны в колонне уменьшится на равный объем отведенной порции насыщенного сорбента, в результате нарушится достигнутое ионообменное равновесие в рабочей зоне в колонне, изменится высота фронта рабочих концентраций. В результате происходит смешивание растворов всех трех слоев сорбентов, смешивается смола с разными степенями насыщенности, дестабилизируется процесс насыщения смолы. Кроме того, возврат раствора (транспортной влаги состоящего из исходного раствора) из ящичного сепаратора в верхнюю часть колонны сорбции разрушает достигнутое равновесие сбросных концентраций сбросных растворов в верхней зоне колонны, наблюдаются большие сбросные концентрации. Авторы с целью исключения выше исследованных и установленных технологических сложностей в фронте равных концентраций

(работающем слое) колонны, разработали новую конструкцию колонны, работающей в неподвижном слое сорбента взамен СНК .



**Рис. 2. Инновационная конструкция сорбционной колонны с неподвижным сорбентом для молибденсодержащего содового раствора**

Прототипом для разработки ионообменной колонны принята конструкция ионообменной колонны Gekko периодического действия.

Сорбционная колонна Gekko (GRC) представляет собой многосекционную, противоточную, пульсирующую контактную емкость. Аппарат обычно используется для извлечения золота и серебра из растворов выщелачивания. Колонна состоит из 4-5 секций, заполненных смолой и разделенных проволочными ситами 400 микрон.

В отличие от прототипа, колонна оснащена в верхней части фильтрующей кассетой и трубопроводами подачи сжатого воздуха, воды, аммиачной воды и азотной кислоты и коллектора для перекачки раствора в следующие колонны и вывода сбросного раствора. В нижней части установлен фильтрующий патрон, трубопроводы для подачи исходного раствора, коллектор для вывода растворов, товарного десорбата и промывных оборотных вод.

Таким образом, особенность работы колонны заключается в том, что после каждой технологической операции жидкая фаза и промывные воды из колонны выдавливаются сжатым воздухом, тем самым обеспечивается удаление с поверхности сорбента растворенных сопутствующих ионов примесных металлов и солей. Создается технологическое условие для получения товарного десорбата высокой чистоты и готовой продукции.

В четвертой главе диссертации «**Разработка технологии комплексной переработки сбросных отходов и растворов молибденового производства НПО**» в работе проведены результаты исследований по кислотной обработке твердого отхода выщелачивания. В лабораторных условиях кека обрабатывали с раствором азотной кислоты, с концентрацией 80,0-90,0 г/л в интервале температур 70,0-90,0°C при этом 95,0 % медь переходит в азотнокислый раствор, а кека химически обогатился железом и благородными металлами. Определены оптимальные условия осаждения меди из полученного азотно-кислого раствора: расход реагента  $\text{Na}_2\text{S}$  - 150% от стехиометрического количество, температура процесса 50,0-60,0°C, время 30

минут, при этом до 95,8% медь осаждается в концентрат. Полученная опытная партия концентрата содержит 22,4 % меди, 2,0 г/т золота, 11,0 г/т серебра.

Установлено, что мокрой магнитной сепарацией с добавлением магнитовых частиц и ПАВ (полиакриламид) из кека кислотной обработки выделяется значительная часть железа в магнитную фракцию, которая содержит до 30,0 % железа. В немагнитную часть кека обогащается золотом до 6,0 г/т, серебром до 18,0 г/т и является вторичным сырьем для производства благородных металлов.

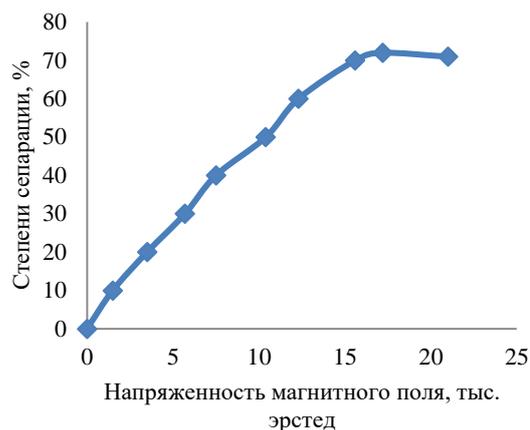
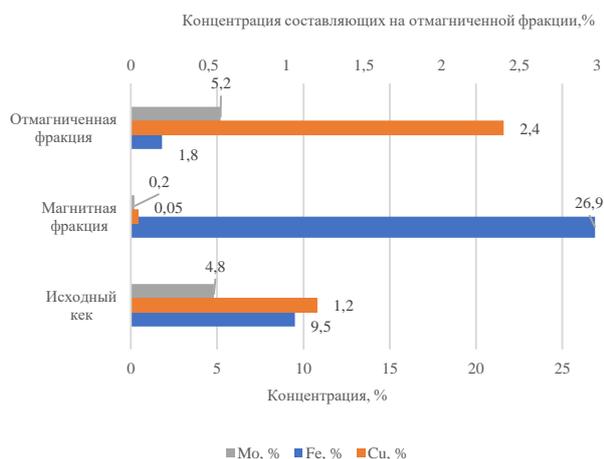
В процессе сорбционного извлечения молибдена и рения образуются кислые промышленные стоки натриевой селитры с содержанием, в г/л: 80,0-100,0  $\text{NaNO}_3$ ; 15,0-18,0  $\text{HNO}_3$ ; 0,05 Мо; pH 2,5-3,5 и плотностью 1,03-1,06 г/см<sup>3</sup>. В разработанной технологии предусмотрена полная утилизация растворов натриевой селитры с получением высококачественной товарной натриевой селитры. Внедрение данной технологии впервые, создает экологически чистую без сточную производству триоксида молибдена в условиях «АО «Алмалыкский ГМК».

Установлено, что кеки выщелачивания благодаря из-за значительного содержания в них гидратированных оксидов железа имеют слабо магнитную свойству. Высушенный кек является мелко дисперсным материалом имеющий до 95,0 % крупностью фракции – 0,074 мм и с удельным весом 1,33 т/м<sup>3</sup>. Эти физические характеристики использованы для отделения железа из состава кека выщелачивания методом магнитной сепарации.

Эксперименты мокрой магнитной сепарации кека выщелачивания проводились на лабораторном магнитном сепараторе, в следующей последовательности: из пульпы кека состава (в %): 32,8 Мо; 1,2 Cu; 0,03 Re; 9,5 Fe ; 4,3  $\text{SiO}_2$ ; 2,58 CaO; следы As ,P, Sb. Из кека фильтрацией отделен раствор; кек промыли водой, остаточная влажность кека составил 42,0 %; материалу добавлена по сухому весу 0,8 % магнетита и 1.2 г/т полиакриламида; из полученной смеси приготовлена пульпа в соотношении Т:Ж =1:1; приготовленная смесь подавалась в магнитную сепарацию в непрерывном режиме с производительностью 2,0; 4,0; 6,0 литров в минуту, при этом напряженность магнитного поля составляло 1600 -17000 эрстед.

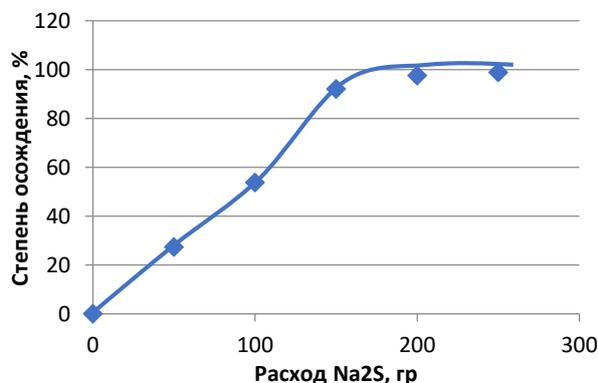
В результате экспериментов получен отмагниченная фракция (концентрат) содержащий до 26,6 % железа. Полученный железный концентрат глубоким отстоем под воздействием ПАВ –полиакриламида отделился из раствора фильтрацией, осветленный раствор направлялся на переработку для извлечения меди. Немагнитная фракция (хвосты) содержит в (%): 5,2 Мо; 2,4 Cu; 0,011Re; 0,4W.

Полученные результаты лабораторных экспериментов по осаждению меди из растворов сернокислого выщелачивания немагнитной части кека представлены на рисунках 3, 4 и 5.

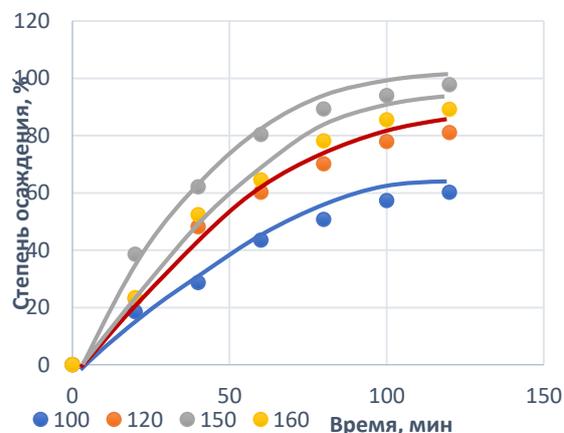


**Рис. 3. Зависимость степени сепарации от напряженности магнитного поля**

Проведены эксперименты по цементации (осаждения) меди из растворов заключается в следующем: предварительно упариванием плотность раствора с  $d=1,15$  г/дм<sup>3</sup> доводить до плотности  $d=1,18$  г/дм<sup>3</sup>, в лабораторном реакторе с объемом 5,0 литров, набирают 3,0 литра упаренного сбросного раствора, добавляют в раствор расчетное количества сернистого натрия 100,0-200,0% от стехиометрического необходимого количество для осаждения меди, при перемешивании в температуре не более 60,0-80,0°C, из раствора выпадают осадки сульфида меди, фильтрацией осадок отделяют от раствора.



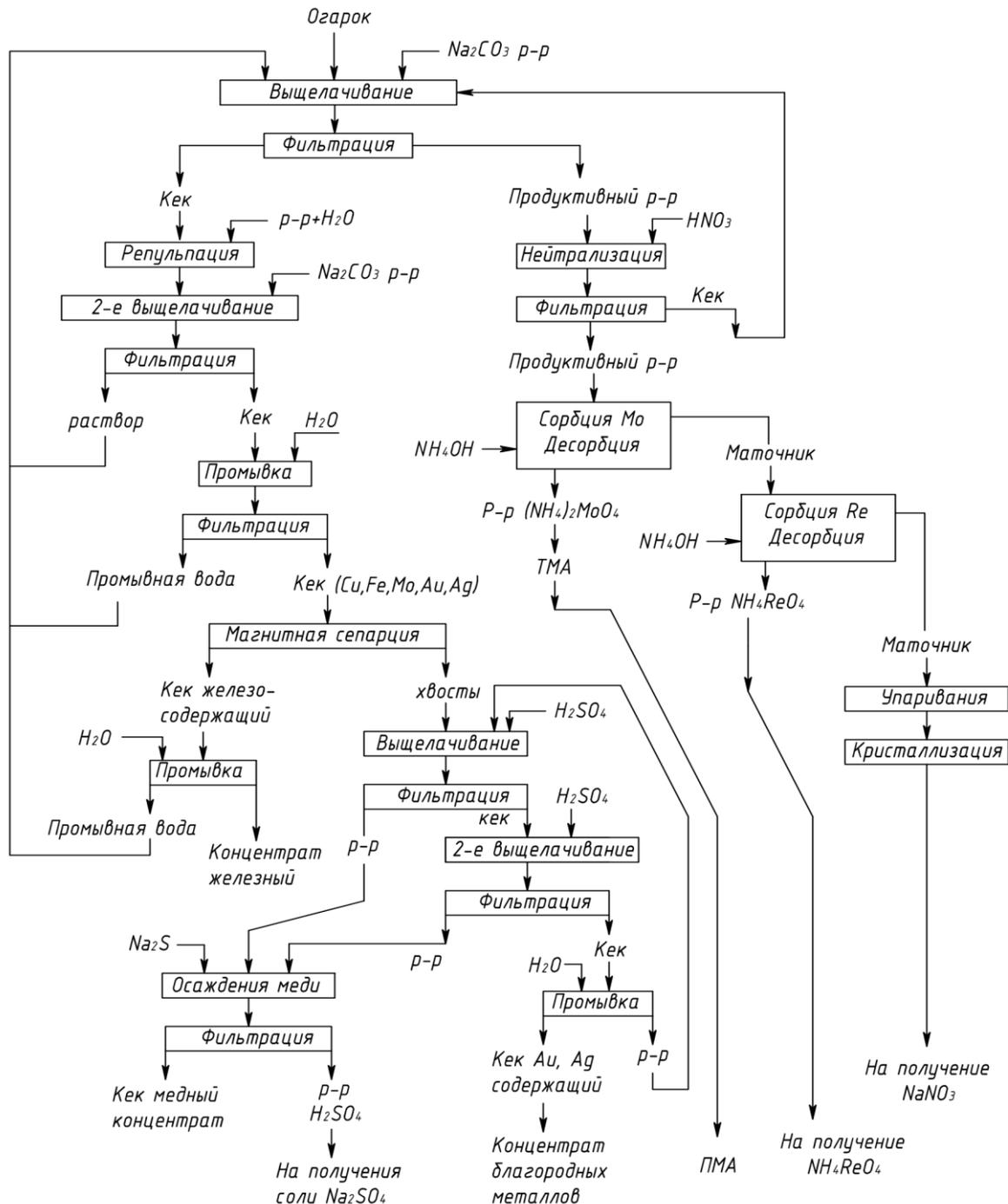
**Рис. 4. Зависимость степени осаждения меди из раствора от расхода Na<sub>2</sub>S**



**Рис. 5. Зависимость степени осаждения меди из сбросного раствора от времени контакта**

По результатам проведенных исследований установлено, что оптимальным режимом осаждения (цементация) меди из сернокислого раствора являются: расход Na<sub>2</sub>S – не менее 150% от стехиометрического количество для осаждения меди, температура 60°C, время 30 минут. В установленном режиме степень осаждения меди из раствора достигается до 95,8%. Получают концентрат с содержанием меди 22,4%. Маточный раствор после осаждения меди содержит (в, мг/л) : 6,0 Cu; 86,6 Mo; 9,1 Re; 59,95Fe.

В пятой главе диссертации «Разработка технологии комплексной переработки обожженного молибденового промпродукта с получением ценных компонентов и полной утилизации промышленных стоков» на основании совокупности проведенных теоретических и экспериментальных исследований, изложенных в главах 2,3,4 разработана новая технологическая схема (рисунок 6) комплексной переработки обожженного молибденового промпродукта содово- сорбционным способом, с полной утилизацией промышленных сбросных стоков переработки.



**Рис. 6. Принципиальная технологическая схема переработки обожженного молибденового промпродукта содово-сорбционным способом**

В новой технологии для селективного выщелачивания молибдена из обожженного молибденового промпродукта применена противоточное двух стадийное содовое выщелачивание, при температуре 90,0-95,0°C, в соотношении Т:Ж=1:4; в расходе соды в эквиваленте  $E = 2,2-2,5$ , время выщелачивания 2,5-3,0. Выщелаченный кек промывался горячей водой. Раствор второй стадии выщелачивания и промывная вода используется для приготовления исходного содового раствора. Суммарное извлечение молибдена из обожженного промпродукта в карбонатный раствор составляет 96,0-98,0 %. Раствор молибдата натрия содержит, в г/л: 69,0 Мо; 110,0  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ; 60,0 NaOH с pH 10,4. При этом медь, железо, кальций и благородные металлы остаются в твердом осадке.

В разработанной технологии для сорбции молибдена из подкисленных (pH 2.5-3,0) растворов применен анионит А-100(Мо) Purolait, а для рения анионит А-170 (Re) Purolaite. Достигается извлечение молибдена из раствора в аммиачный десорбат 97,4-98,2 %, и рения до 70,6 %. Из аммиачного десорбата с содержанием 120,0-140,0 г/л молибдена, кристаллизуют соли тетрамолибдата аммония, далее перекристаллизацией получают высокочистые соли парамолибдата аммония, из него прокаливанием получают триоксид молибдена с высокой чистотой 99,96 %. Из маточных растворов сорбции молибдена извлекают рений с применением ионита А-170 (Re) Purolite, из-за низкого содержания рения в десорбате предусмотрено концентрирование раствора упариванием, из укрепленного раствора кристаллизуют соли перрената аммония с содержанием до 89,0% рения, которая является товарной продукцией.

В разработанной технологии впервые внедрена схема глубокой очистки поверхности насыщенного ионита от натрия с применением новой конструкции промывочного аппарата колонного типа. Глубокая очистка ионита от натрия и натриевых солей достигается кислой промывкой его при pH 3,5-4,0 и полным выводом промывочной воды из объема аппарата через специальные выводных трубок. Получение очищенного насыщенного ионита от натрия обеспечивает получение высокочистого ПМА от примесного элемента натрия и других щелочных металлов.

В новой технологии твердый остаток содового выщелачивания обожженного молибденового промпродукта подвергается кислотной обработке, при этом медь (до 95,0%) и часть железа переводится в азотнокислый раствор. Разработаны оптимальные условия осаждения меди из азотнокислого раствора сернистым натрием. Полученный концентрат содержит 22,4 % меди, 2,0 г/т золото и 11,0 г/т серебро и является вторичным сырьем для производство меди и благородных металлов по существующей технологии МПЗ «АО «Алмалыкский ГМК».

Кек кислотной обработки фильтрацией отделяется от раствора, промывается до нейтральной среды и является химически обогащенным попутным продуктом для извлечения железо и благородных металлов. В технологии из промытого кека магнитной сепарацией разделяют магнитной

фракции (железо), от немагнитной. Магнитная фракция выделяется в виде концентрата содержащий до 30,0% железа, а немагнитная часть обогащается благородными металлами.

В разработанной технологии предложена технологическая схема регенерации избыточной соды из растворов выщелачивания огарка методом биполярного мембранного электролиза. Конечное значение рН в обрабатываемом растворе можно довести до 1,2-1,5, что соответствует полному удалению соды и 85,0-90,0 % натрия из раствора молибдата натрия.

С целью создания экологически чистой технологии переработки обожженного молибденового промпродукта разработана схема полной утилизации сбросных стоков сорбционного передела. Кислые сбросные стоки нейтрализуются содой с получением раствора натриевой селитры с содержанием, в г/л: 100,0-130,0 NaNO<sub>3</sub>; рН 7,5-8,0 и плотностью 1,06-1,08 г/см<sup>3</sup>. В разработанной технологии предусмотрена полная утилизация растворов натриевой селитры с получением высококачественной товарной натриевой селитры.

В разработанной технологии также решены вопросы охраны воздушного бассейна путем мокрого улавливания выделяемых паров азотной кислоты и оксидов азота раствором соды в специальных установках.

В совокупности, внедрение разработанных новых технологических переделов позволит повысить извлечение молибдена на 3,0-3,5 % и получить высококачественный триоксида молибдена, также попутно извлекать рений в готовую продукцию перрената аммония, медь и железо в полуфабрикаты имеющие производственное значение и промпродукт содержащий золото и серебро и других благородных металлов. Производится товарная натриевая селитра, также решена актуальная экологическая проблема – утилизация твердых отходов и сбросных стоков, очистка газовых выбросов.

Суммарный экономический эффект от внедрения разработанных технологических процессов и аппаратов составить более 2,5 млн. долларов США в год.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Выявлена кинетика химической реакции между оксидом молибдена в составе промежуточного продукта, обожженного растворами карбоната натрия в результате переработки молибденовых концентратов и промежуточных промпродуктов.

2. Обосновано значения константы равновесия реакций и изобарных потенциалов в прямой зависимости от концентрации растворителя и скорости перемешивание, который корректно пропорциональны концентрации растворителя при температуре 90-95°C и термодинамические расчеты реакции селективного растворения оксида молибдена из обожженного промежуточного продукта раствором карбоната натрия с концентрацией 100,0-120,0 г/л.

3. Установлено, что полианионы молибдена  $Mo_nO_m^{h-}$  повышают селективность анионита A100 (Mo) Puoralite при нейтрализации раствора карбонатного молибдата азотной кислотой pH 2,5-3,0.

4. Обосновано образование тонкого электростатического диффузионного слоя (фона) ионов натрия и покрытия анионообменного объема в процессе сорбции полианионов молибдена на поверхности насыщенного сорбента.

5. Разработан аппарат колонного типа специальной конструкции для проведения теплой кислотной промывки насыщенного сорбента от ионов натрия.

6. Рекомендованы оптимальные технологические параметры производства медно-железных кеков с редкими металлами для извлечения ценных компонентов в качестве вторичного сырья.

7. Разработана технологическая схема утилизации промышленных сточных вод, полученных при гидрометаллургической переработке молибденовых промпродуктов, обожженных методом упаривания и кристаллизации твердой соли нитрата натрия.

8. Рекомендован анионит Puoralite A100 (Mo) для селективной сорбции молибдена, а для сорбции рения был рекомендован анионит Puoralite A170 (Re), на основе определения физико-химических свойств и емкостных характеристик ионитов, кинетики процессов сорбции и десорбции при получении молибдена из раствора соды, сорбционный метод был признан эффективным.

9. Рекомендована к внедрению на практике технологическая схема регенерации соды методом мембранного электролиза с целью снижения удельного расхода соды в процессе промывки кальцинированного молибденового промпродукта.

**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 TARAKKIYOT»**

---

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

**SHODIEV ABBOS NEMATOVICH**

**IMPROVING THE TECHNOLOGY OF COMPLEX PROCESSING  
OF CALCINED MOLYBDENUM MIDDINGS BY THE SODA-  
SORPTION METHOD**

**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 ABSTRACT  
OF DOCTOR OF TECHNICAL SCIENCES (DSc)**

**Tashkent – 2022**

**The title of the dissertation of Doctor of Science (DSc) has been registered by the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan with registration numbers of B2022.3.DSc./T534.**

The dissertation has been carried out at the State unitary enterprise «Fan va tarakkiyot» and Karshi institute of engineering and economics.

The abstract of dissertation in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) is available on the website at [www.gupft.uz](http://www.gupft.uz) and on the website of «ZiyoNET» information-educational portal [www.ziyo.net.uz](http://www.ziyo.net.uz).

<b>Scientific consultant:</b>	<b>Xasanov Abdurashid Saliyevich</b> doctor of technical sciences, professor
<b>Official opponents:</b>	<b>Shadrunova Irina Vladimirovna</b> doctor of technical sciences, professor
	<b>Sharipov Hasan Turapovich</b> doctor of chemical sciences, professor
	<b>Kamalov Tursunboy Ochilovich</b> doctor of technical sciences, s.r.
<b>Leading organization:</b>	<b>Almalyk branch of the National Technological Research University "MISiS"</b>

The defense of the dissertation will take place on September 14, 2022 at 14<sup>00</sup> at a meeting of Scientific council DSc.03/30.12.2019.K/T.03.01 at Tashkent State technical university named after Islam Karimov at State unitary enterprise «Fan va tarakkiyot» (Address: 100174, Tashkent, Almazar district, Mirzo Golib street, 7a. Tel.: (99871)246-39-78; fax: (99871) 227-12-73, E-mail: [fanvataraqiyot@mail.ru](mailto:fanvataraqiyot@mail.ru)).

The dissertation can be reviewed at the Informational Resource Center of the State unitary enterprise «Fan va tarakkiyot», (registered under No.19-22) (Address: 100174, Tashkent, Almazar district, Mirzo Golib street, 7a. Tel.: (99871)246-39-78; fax: (99871)227-12-73)

The abstract of the dissertation sent out on September 12, 2022 y.  
(mailing report No.19-22 dated August 18, 2022 y.)

**S.S. Negmatov**  
Chairman of the scientific council  
awarding scientific degrees,  
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 the dissertation of Doctor of Science(DSc)]

**The aim of research work** is to improve the technology of complex processing of burnt molybdenum industrial product by soda-sorption method.

**The objects of the research work** centered molybdenum industrial products of CSP "JSC "Almalyk MMC".

**Scientific novelty of the research work:**

the course of a chemical reaction between molybdenum oxide, as part of a burnt industrial product with sodium carbonate solutions, was revealed;

the kinetics and mechanisms of the reaction of selective leaching of molybdenum oxide from a burnt industrial product with a sodium carbonate solution with a concentration of 100.0-120.0 g/l are substantiated;

it was found that upon neutralization of a solution of carbonate molybdate with nitric acid pH 2.5-3.0, molybdenum polyanions  $\text{Mo}_n\text{O}_m^{h-}$  increase the selectivity of anionite A100 (Mo) Puoralite;

the formation of a thin electrostatic diffusion layer (background) of sodium ions and the coating of the anion-exchange volume during the sorption of molybdenum polyanions on the saturated surface of the sorbent is substantiated;

a column-type apparatus of special design has been developed for carrying out warm acid washing of saturated sorbent from sodium ions;

optimal technological parameters for the production of copper-iron cake with rare metals as secondary raw materials for the extraction of valuable components have been developed;

a technological scheme for the utilization of industrial wastewater obtained during hydrometallurgical processing of molybdenum industrial products fired by evaporation and crystallization of solid salt of sodium nitrate has been developed.

**Implementation of the research results.** Based on the conducted scientific research on the improvement of the technology of complex processing of burnt molybdenum industrial product by soda-sorption method, the following results were obtained:

the developed technology for extracting molybdenum from burnt molybdenum industrial products using a sorption technological scheme was introduced in «Almalyk MMC» JSC (Reference of «Almalyk MMC» JSC No. AA-005782 dated August 02, 2022). As a result, it became possible to extract molybdenum up to 90%, directly depending on the mixing speed and solvent concentration at a temperature of 90-95 ° C between molybdenum oxide and soda solution;

The developed parameters of soda leaching technology based on studies of the physicochemical properties and capacitance characteristics of ionites, the kinetics of sorption and desorption processes for extracting molybdenum from soda solution were introduced in «Almalyk MMC» JSC (Reference of «Almalyk MMC» JSC No. AA-005782 dated August 02, 2022). As a result, it became possible to use anionite A100 (Mo) Purolite for selective sorption of molybdenum, and anionite A170 (Re) Purolite for sorption of rhenium;

the developed technology in order to reduce the specific consumption of soda during the leaching of burnt molybdenum industrial products and the technological scheme of soda regeneration using the method of membrane electrolysis was introduced in the MPZ of Almalyk «Almalyk MMC» JSC (Reference of «Almalyk MMC» JSC No. AA-005782 dated August 02, 2022). As a result, it became possible to remove sodium at a total rate of 92.0%, the current output is about 90.0% and additionally obtain copper, gold and silver in the cake.

**The structure and volume of the thesis.** The dissertation consists of an introduction, four chapters, conclusions, references and appendices. The volume of the dissertation is 178 pages of computer text.

**ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ**  
**СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ**  
**LIST OF PUBLISHED WORKS**

**I бўлим (I часть, part I)**

1. Шодиев А.Н., Хасанов А.С., Пирматов Э.А., Вохидов Б.Р. Извлечения молибдена из отходов молибденового производства // Монография.-Карши, 2021.-142с.

2. Шодиев А.Н., Хасанов А.С. Ноёб металларни ишлаб чиқариш ва улар асосида қотишмалар олиш технологияси // Монография.-Карши, 2022.-202с.

3. Шодиев А.Н., Туробов Ш.Н., Хамидов С.Б. Исследование сорбционной технологии извлечения молибдена и рения из отходов. // Universum: технические науки: электронный научный журнал, 2020. 11 (80), – С86-90. (02.00.00; №1)

4. Шодиев А.Н., Саидахмедов А.А. О возможности извлечения ценных компонентов из отходов и сбросных растворов молибденового производства // Композицион материаллар, 2021 й № 04. С. 145-147 (05.00.00; №13).

5. Шодиев А.Н., Хасанов А.С., Қаюмов О.А., Ёрматов Д.А. Исследование разработки технологии извлечения молибдена и других ценных компонентов из хвостов магнитной сепарации // Universum: технические науки: электронный научный журнал. 2022, 2(95). С30-35. (02.00.00; №1).

6. Шодиев А.Н., Хасанов А.С., Пирматов Э.А., Туробов Ш.Н. Анализ и способы переработки молибденосодержащего сырья // Universum: технические науки: электронный научный журнал, 2022. 5(98),– С35-38. (02.00.00; №1)

7. Шодиев А.Н., Норбоева Р.Н., Хасанов А.С., Туробов Ш.Н. Аналитический обзор способов переработки и молибденовых концентратов и промпродуктов // Universum: технические науки: электронный научный журнал, 2022. 5(98), – С31-35. (02.00.00; №1).

8. Шодиев А.Н., Пирматов Э.А., Рахимжонов З.Б., Саидахмедов А.А., Хакбердиев Д.Қ. Исследование процесса регенерации соды и щелочи из содовых растворов выщелачивания спеков мембранным электролизом // Композицион материаллар, 2022 й № 02. - С. 152-155 (05.00.00; №13).

9. Шодиев А.Н., Хасанов А.С., Туробов Ш.Н. Молибден таркибли чиқиндилардан молибден ажратиш олиш технологиясини тадқиқ қилиш // Инновацион технологиялар. Қарши, 2022. №2 55-61 б. (05.00.00; №38).

10. Шодиев А.Н., Пирматов Э.А., Саидахмедов А.А., Пармонов Г.М., Аминов У.Г. Физико-химическое исследование продуктов гидролитического разложения промышленных растворов молибдата натрия // Композицион материаллар, 2022 й № 03. - С. 145-147 (05.00.00; №13).

**II бўлим (II часть, part II)**

11. Шодиев А.Н., Хасанов А.С. Юқори тозаликдаги молибден, унинг асосида кимёвий бирикма ва махсулотлар олиш технологиясини тадқиқ қилиш

ва ишлаб чиқиш // ДГУ 15356 Ўзбекистон Республикаси Адлия вазирлиги ҳузуридаги интеллектуал мулк агентлиги томонидан 02.04.2022 й. берилган.

12. Шодиев А.Н., Хурсанов А.Х., Хасанов А.С., Пирматов Э.А. Комплексная переработка техногенных отходов ао «Алмалыкский ГМК» с извлечением ценных компонентов // Материалы международной научно-технической конференции «I Yevroosiyo konchilik kongressi», - Навои. 11-12 ноябрь 2021 года. – С. 17-19.

13. Шодиев А.Н., Хасанов А.С., Қаюмов О.А. Исследование методов очистки молибденовых сбросных растворов из шламового поля и растворов после магнитной сепарации шламовых кеков // Халқаро миқийсдаги илмий ва илмий-техник анжуман «Қуймакорлик ишлаб чиқариш соҳасида ресурс ва энергиятежамкор инновацион технологиялар», - Тошкент. 23-24 март 2022 й. – С. 235-237.

14. Шодиев А.Н., Асатов С.Н., Халимжонов Т. Влияние технологических режимов на физико-структурные характеристики молибденовых штабиков и проволоки // Халқаро миқийсдаги илмий ва илмий-техник анжуман «Қуймакорлик ишлаб чиқариш соҳасида ресурс ва энергиятежамкор инновацион технологиялар», - Тошкент. 23-24 март 2022 й. – С. 268-270.

15. Шодиев А.Н., Хасанов А.С., Шукуров А.Ю. Илмий ишлаб чиқариш бирлашмаси(ИИЧБ)дан олинган молибден ишлаб чиқариш эритмаларини ва чиқиндиларни комплекс қайта ишлаш технологиясини ишлаб чиқиш // Ўзбекистонда табиий ресурслардан фойдаланиш ва қайта ишлаш жараёнида атроф муҳитни ифлосланиш муаммолари ва ечимлари. Мавзусида республика илмий- амалий анжумани материаллари тўплами 2022 йил 25-26 март, Қарши, 228-230 б.

16. Шодиев А.Н., Хасанов А.С., Қаюмов О.А. Изучение технологии переработки молибденового концентрата и извлечение молибдена из сбросных отходов и растворов. // XXVII Международной научно-технической конференции «Научные основы и практика переработки руд и техногенного сырья». 07-08 апреля 2022 г. Екатеринбург – 2022, 125-129 с.

17. Шодиев А.Н., Хасанов А.С., Қаюмов О.А. Изучение содово– сорбционная технология переработки молибденового огарка. // “Фан ва техника тараққиётида интеллектуал ёшларнинг ўрни” мавзусидаги республика илмий- амалий анжумани материаллари тўплами 2022 йил 21-23 апрель Тошкент. 244-246 б.

18. Шодиев А.Н., Хасанов А.С., Қаюмов О.А., Туробов Ш.Н. Перспектива развития комплексного использования сырья редких, редкоземельных и благородных металлов в условиях Узбекистана XXV International correspondence scientific specialized conference «International scientific review of the technical sciences, mathematics and computer science» (Boston. USA. April 29-30, 2022) с 10-17.

19. Шодиев А.Н., Қаюмов О.А. Изучение растворимые формы молибдена и условия кристаллизации молибденита // Инновационные

технологии переработки минерального и техногенного сырья химической, металлургической, нефтехимической отраслей и производства строительных материалов. Республиканская научно-практическая конференция. 2022 г 12-14 май г. Ташкент.

20. Шодиев А.Н., Пирматов Э.А., Хасанов А.С., Рахимжонов З.Б. Комплексная переработка молибденового огарка содово –сорбционной технологией в условиях АО «Алмалыкский ГМК»// Инновационные технологии переработки минерального и техногенного сырья химической, металлургической, нефтехимической отраслей и производства строительных материалов. Республиканская научно-практическая конференция. 2022 г 12-14 май г. Ташкент.

Автореферат «Композицион материаллар» журналидан таҳрирдан ўтказилди.

Бичими 60x84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Рақамли босма усули. Times гарнитураси.  
Шартли босма табағи: 2,5. Адади 100. Буюртма № 89.

Гувоҳнома reestr № 10-3719  
“Тошкент кимё технология институти” босмахонасида чоп этилган.  
Босмахона манзили: 100011, Тошкент ш., Навоий кўчаси, 32-уй.