

**НАВОИЙ ДАВЛАТ КОНЧИЛИК ИНСТИТУТИ ВА ИСЛОМ КАРИМОВ
НОМИДАГИ ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ
ХУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.27.06.2017.Т.06.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

НАВОИЙ ДАВЛАТ КОНЧИЛИК ИНСТИТУТИ

АРУСТАМЯН АРМЕН МИХАЙЛОВИЧ

**ҚИММАТБАҲО МЕТАЛЛАРНИ АЖРАЛИШИНИ ОШИРИШНИ
ТАЪМИНЛАБ БЕРАДИГАН МИС, МИС-МОЛИБДЕН РУДАЛАРИНИ
БОЙИТИШНИНГ КОМПЛЕКС ТЕХНОЛОГИЯСИНИ ТАДҚИҚ
ҚИЛИШ, ИШЛАБ ЧИҚИШ ВА ЖОРИЙ ҚИЛИШ**

04.00.14 – Фойдали қазилмаларни бойитиш

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

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

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

**Content of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)
on technical sciences**

Арустамян Армен Михайлович

Қимматбаҳо металлари ажралишини оширишни таъминлаб
берадиган мис, мис-молибден рудаларини бойитишнинг
комплекс технологиясини тадқиқ қилиш, ишлаб чиқиш
ва жорий қилиш.....3

Арустамян Армен Михайлович

Исследование, разработка и внедрение комплексной технологии
обогащения медных, медно-молибденовых руд, обеспечивающее
повышение извлечения ценных металлов.....19

Arustamian Armen Mikhaylovich

Research, development and implementation of a complex technology of
copper, copper-molybdenum ore enrichment, providing an increase in
the recovery of valuable metals.....35

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ
List of published works.....38

**НАВОИЙ ДАВЛАТ КОНЧИЛИК ИНСТИТУТИ ВА ИСЛОМ КАРИМОВ
НОМИДАГИ ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ
ХУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.27.06.2017.Т.06.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

НАВОИЙ ДАВЛАТ КОНЧИЛИК ИНСТИТУТИ

АРУСТАМЯН АРМЕН МИХАЙЛОВИЧ

**ҚИММАТБАҲО МЕТАЛЛАРНИ АЖРАЛИШНИ ОШИРИШНИ
ТАЪМИНЛАБ БЕРАДИГАН МИС, МИС-МОЛИБДЕН РУДАЛАРИНИ
БОЙИТИШНИНГ КОМПЛЕКС ТЕХНОЛОГИЯСИНИ ТАДҚИҚ
ҚИЛИШ, ИШЛАБ ЧИҚИШ ВА ЖОРИЙ ҚИЛИШ**

04.00.14 – Фойдали қазилмаларни бойитиш

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

Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2018.2.PhD/Т623 рақам билан рўйхатга олинган.

Докторлик диссертацияси Навоий давлат кончилик институтида бажарилган.

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

Илмий раҳбар: **Санакулов Қувандик**
Ўзбекистонда хизмат кўрсатган саноат ходими,
техника фанлари доктори, профессор

Расмий оппонентлар: **Юсупходжаев Анвар Абдуллаевич**
техника фанлари доктори, профессор

Петухов Олег Фёдорович
техника фанлари номзоди, доцент

Етакчи ташкилот: **«Минерал ресурслар институти» ДК**

Диссертация ҳимояси Навоий давлат кончилик институти ва Тошкент давлат техника университети ҳузуридаги DSc.27.06.2017.Т.06.01 рақамли Илмий кенгашнинг 2018 йил «___» _____ соат _____ даги мажлисида бўлиб ўтади. Манзил: 210100, Навоий шаҳри, Жанубий кўчаси, 27-уй. Тел.: 0 (436) 223-23-32; факс: 0 (436) 223-49-66; e-mail: info@ndki.uz.

Диссертация билан Навоий давлат кончилик институти Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (___ рақам билан рўйхатга олинган). Манзил: 210100, Навоий шаҳри, Жанубий кўчаси, 27-уй. Тел.: 0 (436) 223-56-90; факс: 0 (436) 223-00-55.

Диссертация автореферати 2018 йил «___» _____ куни тарқатилди.
(2018 йил «___» _____ даги ___ рақамли реестр баённомаси)

Б.Р.Раимжанов

Илмий даражалар берувчи
Илмий кенгаш раиси в.в.б., т.ф.д, профессор

Ш.Ш.Заиров

Илмий даражалар берувчи
Илмий кенгаш илмий котиби, т.ф.д., доцент

Ю.Д.Норов

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

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD)диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Жаҳонда мис ва мис-молибден руда захираларининг сезиларли даражада камайиши асосий муаммолардан бири ҳисобланади. Бугунги кунга қадар таркибида металл миқдори юқори бойитиш осон бўлган рудалар қайта ишлаб келинмоқда. Молибден ва мис концентратларини ишлаб чиқаришдаги йўқотишларни ўрнини тўлдириш йилига 44 миллион тонна ишлаб чиқариш қувватига эга бойитиш фабрикаларини лойиҳалаш орқали амалга оширилади. Амалдаги корхоналарда кончилик саноати асосан экстенсив йўл билан ривожланмоқда – корхоналарда руда қайта ишлаш камайиб, металл ажратиб олиш даражаси ошиши ва ишлаб чиқарилаётган маҳсулот турининг кўпайтирилиши билан ишлаб чиқариш унумдорлиги ошмоқда.

Бугунги кунда жаҳонда мураккаб экологик вазиятни юзага келтираётган катта миқдордаги минерал техноген чиқиндилар тўпланиб бормоқда. Лойиҳа бўйича мис ажратиб олиш даражаси 85% ни ташкил қилиши мўлжалланган, фабрика ишга туширилганда металл ажратиб олиш даражаси 65% гача етган. Фабрика ишлаб чиқариш ҳажмининг асоссиз равишда оширилиши натижасида чиқиндиларда мис, олтин ва молибден йўқотиш миқдори ошиб кетди. Шундай қилиб, металл ажратиб олиш даражасини оширишда янги технологиялар ишлаб чиқиш ва мавжуд технологияларни такомиллаштириш илмий ва амалий кон-металлургия саноатининг долзарб муаммоларидан бири саналади.

Республикада кон-металлургия саноатига, хусусан фойдали қазилмаларни бойитишга алоҳида эътибор қаратилмоқда. Бу борада, жумладан янги флотация технологияларини қўллаш ҳисобига фойдали қазилмаларни қайта ишлаш ҳажмини ошириш ва ишлаб чиқарилаётган маҳсулот таннархини пасайишига эришилмоқда. Шу билан бирга, қимматбаҳо металлларни ажралишини оширишни таъминлаб берадиган рудаларни бойитишнинг комплекс технологиясини тадқиқ қилиш, ишлаб чиқиш ва жорий қилишга йўналтирилган илмий-тадқиқот ишлари олиб бориш зарур масалалардан бири ҳисобланади. Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясининг тўртинчи йўналишининг тўртинчи бандида «Илмий-тадқиқот ва инновация фаолиятини рағбатлантириш, илмий ва инновация ютуқларини амалиётга жорий этишнинг самарали механизмлари»¹дан тайёрлашга қаратилган муҳим вазифалар белгилаб берилган. Бу борада жумладан, Қимматбаҳо металлларни ажралишини оширишни таъминлаб берадиган мис, мис-молибден рудаларини бойитишнинг комплекс технологиясини тадқиқ қилиш, ишлаб чиқиш ва жорий қилиш муҳим аҳамият касб этади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2015 йил 4 мартдаги ПФ-4707 сон «2015-2019 йилларда ишлаб чиқаришни таркибий ўзгартириш,

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

модернизация ва диверсификация қилишни таъминлаш бўйича чоратadbирлар дастури тўғрисида»ги ва 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги Фармонлари ҳамда 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.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Селектив равишда флотация усулининг пайдо бўлишидан бошлаб концентрат ва пирит сақлаган чиқиндилардан коллектив Cu-Mo ажратиб олишга йўналтирилган мис-молибден рудаларини флотация қилиш оҳакли муҳитда олиб борилиши асосий усул саналади. Ушбу жараён бугунги кунга қадар қурилаётган объектларнинг асоси сифатида олинмоқда. Оҳакли технология 2013 йилда қурилган Михеев тоғ-бойитиш комбинати ва лойиҳалаштирилаётган Томин бойитиш фабрикасига (Россия) киритилган. Оҳакли технология бўйича «Эрдэнет» монгол гинант корхонаси ишламоқда ва Акбастау ҳамда Космурун (Қозоғистон) конлари учун бойитиш объектлари қурилиши лойиҳалаштирилмоқда ва бу рўйхатни яна анча давом эттириш мумкин. Маълумки, мазкур технология учун жараён бошидан руданинг жуда майда янчилиш зарурати мавжуд. Берилаётган руданинг майда янчилиши эса осон шламланувчи минералларнинг, энг аввало молибденитнинг ўта майдаланиб кетишига олиб келади.

Ҳозирги вақтга қадар дунё бўйича 43 та бойитиш фабрикаларининг технологик кўрсаткичлари ўрганилди. Фойдаланилаётган реагент режими оҳак ва ксантогенат ишлатилишига асосланган, бу эса технологик кўрсаткичларнинг пасайиб кетишига олиб келади, айниқса $pH > 10$ бўлган муҳитда.

Янги технологияларнинг ривожланиши учун асосий шартлардан бири ишлаб турган корхоналар ва илмий тадқиқотлар ҳақидаги маълумотларни қайта ишлаш ва таҳлил қилиш учун чуқур математик статистика усуллари қўллаш ҳисобланади. Замонавий флотацион бойитиш амалиётида янги математик технологияларнинг ишлатилмаслиги кўп мутахассисларни мулоҳазага чорлайди. Чунки флотация жараёнида реагентлар сарфи учун маълум бир умумий режим мавжуд эмас, бундай қонун-қоидалар олдиндан ёзилмаган, флотациядан олдин пульпа тайёрлаш жараёни химизми эса замонавий илмий адабиётларда жуда кам ёритилган. Кўрсатилган камчиликларни бартараф этиш учун нафақат янги ионометрия усуллари ёрдамида тадқиқотлар олиб бориш учун инструментал базани кенгайтириш, балки физик ва кимёвий таҳлил кўрсаткичларини ўлчаш бўйича чуқур таҳлилий изоҳлар бажаришга зарурат туғилади. Ўрганилаётган флотация

тизимларини моделлаштиришда диагностика алгоритмларининг яратилиши кейинчалик мультисенсор тизимнинг ишлаб чиқилишига асос бўлиб хизмат қилади.

Янги технологияларнинг ривожланиши уларнинг автоматлаштирилиши билан чамбарчас боғлиқ, чунки фақатгина флотация усулида қайта ишлашга тушаётган шихта технологик структураси ва унга қўлланиладиган технологик режимлар ҳақидаги ишончли ва объектив рақамли маълумотлар базаси аниқ чора-тадбирлар топишга имкон беради. Таъкидлаш жоизки, хозирги пайтда ишлаб турган фабрикаларда автоматлаштириш ва компьютер техникасидан фойдаланиш даражаси жуда паст. Ваҳоланки, бундай технологиялар билан осонгина статистик маълумотлар базасини шакллантириш, бу орқали мавжуд объект хоссаларини ўрганиш ва уни такомиллаштиришга шароит яратилган бўларди. Хорижий фабрикалар технологик параметрларни автоматик назорат қилувчи ва статистик маълумотлар базасини компьютер ёрдамида шакллантирувчи энг замонавий ускуналар қўллаши билан фарқ қилади. Бироқ бунда флотация жараёнларини амалга оширишда олинадиган маълумотларни таҳлил қилиш ва қайта ишлашнинг замонавий методологияси мавжуд эмас. Шунинг учун саноат шароитида самарали ишлайдиган, флотация жараёнини математик моделлаштириш усуллари ривожланмай қолмоқда. Мазкур масаланинг истиқболли ечимларидан бири нейротармоқли моделлаштириш ҳисобланади, чунки флотация жараёни мураккаб, кўп факторлар таъсир қиладиган, бир текисда бормаийган жараёнدير.

Диссертация мавзусининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Навоий давлат кончилик институти ва «Олмалиқ кон-металлургия комбинати» АЖнинг илмий-тадқиқот режасининг «Олмалиқ кон-металлургия комбинати 3-сон мис бойитиш фабрикасида Қалмоқир ва Ёшлик-II конлари рудаларининг шихтасини қайта ишлаш технологиясини лойиҳалаш ва ишлаб чиқиш» (2017 й.) мавзусидаги лойиҳа доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади металларни ажратиб олишни ошириш мақсадида оҳаксиз муҳитда мис ва мис-молибден рудаларининг флотация янги технологиясини ишлаб чиқишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

дунё амалиёти тенденцияларини нейротармоқли моделлаштириш методологияси ёрдамида таҳлил қилиш;

тасодифий функцияларни гармоник ажратиш ва факторли анализ усуллари билан тўлиқсиз маълумотлар шароитида флотацион бойитиш амалиёти ва тадқиқот ишларининг технологик аудит тартибларини такомиллаштириш;

ионселектив электродлар ёрдамида потенциограммалар қуриш асосида янги оҳак қўлламасдан флотация технологиясини ишлаб чиқиш;

ишлаб чиқилган техник қарорларни апробация қилиш.

Тадқиқотнинг объекти мис ва мис-молибден рудаларини флотация усулида бойитиш жараёни.

Тадқиқотнинг предмети мис ва мис-молибден рудаларини флотация усулида бойитиш жараёнини информатсион, методологик ва алгоритмик таъминлаш.

Тадқиқотнинг усуллари. Диссертация ишини бажаришда флотация усулини лаборатория ва ишлаб чиқариш шароитларида электрохимёвий назорат методологиясига, электрохимёвий жараёнларни математик моделлаштиришга, «STATISTICA» дастурлаш пакетига тажрибалар маълумотларини чуқур математик статистика усулларида қата ишлашга, Фурье қаторида тасодифий функцияларнинг ажралишига, нейрон тармоқлари назарияси ёрдамида математик моделлар ишлаб чиқишга, эксперт баҳолаш усулларига, турли хил хомшёларни қайта ишлаш шароитида ишлаб чиқилган математик моделларнинг барқарорлигини таҳлил қилишга асосланган, комплекс тадқиқот усулларида фойдаланилди.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

мис ва мис-молибден рудаларини тегирмонда сода дозасини таъминлаш, кираётган пульпани натрий фторсиликати ёрдамида қайта ишлаш ва эриган гидроксид бирикмаларни натрий сульфид билан нейтралзация қилиш жараёнларини ўз ичига олган оҳаксиз муҳитда флотациялаш тартиби ишлаб чиқилган;

мис ва мис-молибден рудаларини флотация қилишда пульпанинг электрохимёвий кўрсаткичларини сифатли баҳолаш, технологик жараёнга салбий таъсир қилувчи факторларни аниқлаш имконини берувчи турли электрод тизимлари ёрдамида қайд этиб борадиган потенциограмма яратилган;

флотация жараёнида янги технологиялар ривожланишининг кенг имкон берадиган Ag_2S , Pt, Mo, Cd, EM, pH электрод потенциалларини ўз ичига олган электрохимёвий мультисенсор тизимларни жорий қилиш учун янги ахборот макон яратилган;

тасодифий функцияларнинг гармоник ажралиши ва факторли таҳлил методологияси ёрдамида, чегараланган маълумотлар шароитида мис ва мис-молибден рудаларини флотация қилиш жараёнининг технологик аудит услуги ишлаб чиқилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

мис ва мис-молибден рудаларини флотация қилиш жараёни ҳолатларини назорат қилиш имконини берувчи, бўтана ион кўрсаткичларини потенциометрик ўлчаш натижаларига асосланган кенг информатсион база ишлаб чиқилди ва жорий қилинган;

лаборатория ва ишлаб чиқариш тадқиқотларида бутун жараён давомида реал вақт бўйича бўтана ион кўрсаткичларининг ўзгариш динамикасини назорат қилишга имкон берадиган, флотация жараёни учун таклиф қилинган инструментал, алгоритмик ва дастурий назорат тизимлари мажмуи ишлаб чиқилди ва жорий қилинган;

нейротармоқли моделлаштиришда аниқланган мис ва мис-молибден рудаларини флотация қилишда қайта ишланадиган шихта ички тузилиши, мис ва мис-молибден рудаларини флотация қилишда режим кўрсаткичларининг оптимал миқдорлари, мис ва мис-молибден рудаларини флотация қилишда умумлаштирилган бойитиш даражаси графиклари ишлаб чиқилди ва жорий қилинган.

Тадқиқот натижаларининг ишончилиги. Тадқиқот натижаларининг ишончилиги кўплаб тажриба ва ишлаб чиқариш синовлари, мис ва мис-молибден рудаларини комплекс бойитиш технологиясини ишлаб чиқиш орқали ишнинг асосий мақсади бўлган қимматбаҳо металлларни ажратиб олиш даражаси миқдорий жиҳатдан ва етарли даражада тўғри келиши билан исботланганлиги, шунингдек бойитиш фабрикаларидаги ижобий натижалар билан тасдиқланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти мис ва мис-молибден рудаларини флотация қилиш жараёнига, технологик аудит ва электрохимёвий назоратда флотация тартибини такомиллаштиришда янги методологик ёндашув билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти рудани содали муҳитда янчишни ўз ичига олган янги флотация усулининг ишлаб чиқиш, натрий фторсиликати ёрдамида қимматбаҳо минараллар юзаларини фаоллаштириш ва натрий сульфиди билан эриган темир бирикмаларини нейтраллаштириш билан ифодаланади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Қимматбаҳо металлларни ажратиб олишни ошириш мақсадида мис, мис-молибденли рудаларни бойитиш комплекс технологиясини тадқиқ қилиш, ишлаб чиқиш ва жорий этиш бўйича олиб борилган тадқиқотлар натижалари асосида:

мис ва молибден селекция циклидаги минераллар юзасини янгилаш учун комплекслар «Қалмоқир» ва «Ёшлик 2» конларининг руда шихталарини қайта ишлаш технологиясини лойиҳалаш ва ишлаб чиқиш технологик регламентида жорий қилинган («Олмалиқ кон-металлургия комбинати» АЖнинг 2018 йил 10 апрелдаги ВХ-04171-сон маълумотномаси). Натижада мис-молибден рудаларини ажратиш жараёнининг самарадорлиги оширилди ва жараён жадаллаштирилди, шунингдек бир металли концентратларда металл ажратиб олиш даражасини ошириш имконини берган;

мис ва молибден минералларини ажратиб олиш самарадорлигини ошириш технологияси «Олмалиқ кон-металлургия комбинати» АЖда жорий қилинган («Олмалиқ кон-металлургия комбинати» АЖнинг 2018 йил 10 апрелдаги ВХ-04171-сон маълумотномаси). Натижада маҳсулотли молибден концентрати сифатини меъёрлаштириш ва йилига 15-20 тонна қўшимча мис ишлаб чиқиш орқали иқтисодий самара олиш имконини берган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Мазкур тадқиқотнинг натижалари 4 та халқаро илмий-амалий анжуманларда апробациядан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилиниши. Диссертация мавзуси бўйича жами 17 та илмий иш чоп этилган, шулардан Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг диссертациялар асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларда 11 та мақола, жумладан 4 та республика ва 7 та хорижий журналларда нашр этилган.

Диссертациянинг тузилиш ва ҳажми. Диссертация таркиби кириш, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 117 бетни ташкил этган.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

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

«Молибден ва мис-молибден рудаларини флотацияли бойитиш соҳаси ривожланишининг методик, техник ва ахборот жиҳатлари» деб номланган биринчи бобда, қайта ишлашга жалб қилинаётган мис ва мис-молибден рудаларининг дунё амалиётида бойитилувчанлигининг кескин тушиши шароитида флотациялаш вақтидаги муаммолар анализ қилинган. Таъкидланадики, янги ёмон бойитилувчан хом ашёни қайта ишлаш усуллари яратиш янги технологияларни методик, техник ва инфорацион таъминоти масалаларини ишлаб чиқишни талаб қиладиган мураккаб ва комплекс жараён бўлиб ҳисобланади.

Амалга оширилган ва чоп қилинган ишлар тадқиқоти шуни кўрсатдики, Cu-Mo рудаларини бойитишнинг асосий усули Cu-Mo концентрати ва пирит сақловчи чиқинди олишга қаратилган ишқорий флотацидир, аммо бу ҳолатда шу нарса инобатга олинмадики, ишқорий муҳит мис, молибден сульфидлари ва олтиннинг ажралишини сезиларли даражада камайтиради.

Дунё амалиётидаги маълумотларга асосан мис-молибден рудаларини қайта ишлаётган 43 та фабрикаларнинг ишларини анъанавий дескрептив статистика усуллари билан шарҳлаш жуда қийин. Бунга асосий сабаб рудада мис миқдорининг 0,2-4,6% оралиқдаги вариацияси ва келтириладиган водород кўрсаткичларининг тебранувчанлигидир $pH=5,6-12,0$. Шу сабабдан дақдим қилинадиган маълумотларни анализ қилиш мақсадида нейротармоқли моделлаштириш методологияси қўлланилди. Миснинг ажралиши (ϵ), концентратдаги металлнинг миқдори (β) ва миснинг рудадаги ўзгарувчан кирувчи миқдори (α) ва pH чиқиш функцияларга эга бўлган умумлаштирилган регрессион нейрон тармоғи УРНТ 2:2-23-3-2:2(5) ҳисобланди.

Ишлаб чиқилган модел бўйича тадқиқотлардан хулоса қилиш мумкинки, оҳак иштирокисиз водород кўрсаткичлари $pH < 8,6 - 8,0$ бўлган технологияни ишлаб чиқиш зарурдир.

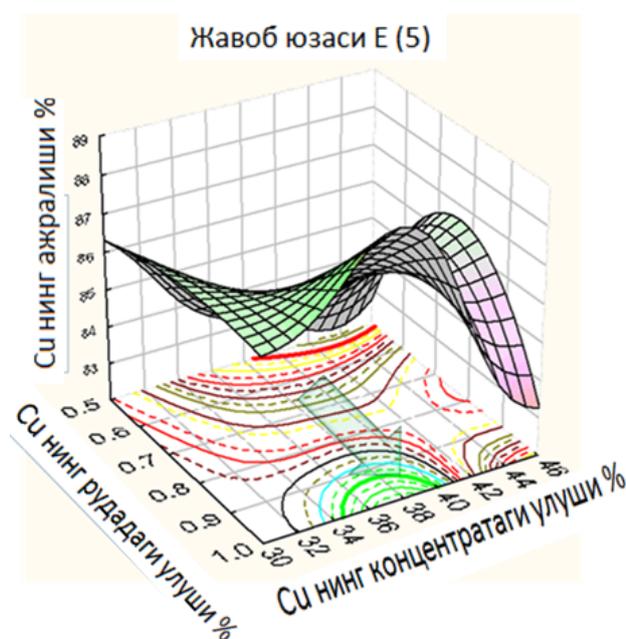
Кўриниб турибдики, ҳозирги вақтда флотация жараёнини бошқариш ва мониторинг қилиш, саноат миқёсида кам рижланган ва асосан, энг яхши технолог-операторнинг субъектив ва нообъектив методологиясига асосланади. Бунга сабаб, бошқарилаётган, кўп параметрли ва чизикли бўлмаган объектнинг мураккаблиги ва лаборатория ва саноатдаги тадқиқот натижаларини шарҳлашнинг қийинлигидир. Флотацияли бойитиш амалиётидаги камчиликлар сифатида бўтананинг электрохимий параметрларининг потенциометрик назорати ва тажриба натижаларини қайта ишлайдиган математик методларнинг чекланганлигини мисол қилиб келтириш мумкин. Бу эса янги технологиялар ишлаб чиқиш ва мавжудларини янгилашнинг самарадорлигини пасайтиради. Амалга оширилган анализ асосида тадқиқотнинг мақсад ва вазифалари аниқланади.

Диссертациянинг «**Мис ва мис-молибден рудаларини флотациялаш технологиясини ишлаб чиқиш мақсадида технологик аудит тамойилларини такомиллаштириш**» деб номланган иккинчи бобида аудитни амалга оширишнинг нисбатан заиф нуқтаси технологик қисм, натижаларни қайта ишлаш методологияси ва мавжуд ва олинган маълумотларни анализ қилиш заиф алоқа эканлиги исботланган. Кўпчилик корхоналарда ахборотларни энг замонавий математик методлар билан қайта ишлаш учун зарур бўлган форматда компютерли тўплаш тизими мавжуд эмас. Кўп ҳолатларда корхоналар флотация схемаси операцион контур маҳсулотларини автоматик экспрес анализ қилиш воситалари билан жиҳозланмаган. Технологик аудит ўтказишнинг барча ҳолатларида ягона олиш мумкин бўлган маълумот аълоҳида флотация жараёнлари ҳисобга олинмаган, умумий фабрика ҳақида фақат смена ёки суткалик ҳисоботлар бўлиб ҳисобланади. Янги усулдаги технологик аудит амалга оширишнинг синови Жезказган 2-сон бойитиш фабрикаси мисолида 2015 йил июнь ойидан сентябр ойигача 324 кузатув асосида бажарилди. Натижада технологик кўрсаткичларнинг сезиларли ўзгариш кузатилган. Бунда белгиландики, миснинг ажралишининг дисперсияси рудадаги мис миқдори фақат 50% ли вариация орқали аниқланади ва шунингдек, металнинг ажралиш қийматида қайта ишланаётган шихтанинг тури, бирламчи ва иккиламчи сульфидлардаги мис миқдорларининг нисбати, оксидланганлик даражаси, рудадаги алюмосиликатлар шу жумладан, серицит ва хлоритлар миқдори таъсир кўрсатади. Технологик параметрлар вариациясига, шунингдек, инсон омилининг таъсири сезиларли экани исботланди.

Миснинг ажралишининг кузатилаётган реал эгри чизиги $T=4$ смена ва миснинг ажралиши 5% бўлган амплитудада яхши тасвирланади. Бу кузатувни фабрикада қўланилаётган схеманинг мураккаблиги ва айланма бўтана оқимлари билан ишлаганда оператор-технологнинг ноадекват ҳаракати билан тушунтириш мумкин. Шундай қилиб, бошланишида

цикллараро кумли флотацияни кўшиш ва кум ва шламларни ажратиш флотациясини технологик схемадан олиш орқали нисбатан оддийроқ технологик схемани ишлаб чиқиш йўналиши истиқболли бўлиб ҳисобланади ва у технологик кўрсаткичларни ошириш ва ишлаб чиқариш иқтисодини яхшилашга қаратилган.

Чуқур анализ методлари орқали фабрикада қайта ишланаётган руда массасининг ностационарлиги исботланган, шу сабабли, тасодифий функцияларнинг гармоник чиқиши ёрдамида кўрилатган параметрлар орасидаги ўзаро алоқа ишончли экани ўрнатилган. Кўрилатган объектдаги параметрлар орасидаги ўзаро алоқани янада чуқурроқ тушуниш мақсадидамиснинг ажралиши ва руду ва концентратдаги металнинг миқдори орасидаги алоқани ўрнатадиган нейротармоқли модел ОРНС 2:2-162-2-1:1 ҳисобланган. Кирувчи параметрларга мис ажралишининг жавоб юзаси объектнинг катта мураккаблигини ва ночизиқли эканини акс этади. (1-расм).



1-расм. Si ажралишининг жавоб юзаси ОРНС 2:2-162-2-1:1 модели бўйича, руда ва концентратдаги металл миқдорининг вариациясида

Тайёрланган нейротармоқли модел ёрдамида турли туманлилик қайта ишланаётган шихтанинг ўзгаришида тахмин қилинаётган технологик кўрсаткичлар масаласи ечилди. Миснинг концентратдаги миқдори 36-40% оралиғида бўлганда олинган баҳони ишончли натижа деб ҳисоблаш мумкин. Рудада мис миқдорининг 0,1% га ошиши металл ажралишининг 1,3% га кўтарилишига мос келади. Мавжуд технологияда концентрат сифатини 40% дан юқори даражага кўтаришдаги уринишлар асоссиз бўлиб ҳисобланади, чунки бунда, металл ажралишининг кескин тушиши кузатилади.

Технологик аудит ўтказиш вақтида флотация селективлигига салбий таъсир кўрсатадиган омиллар аниқланган.

Бу омилларга қуйидагилар киради: бўтанада сульфидли минераллар юзасини ўзаро фаоллаштирувчи ва жараённинг селективлигини бузадиган Cu^{2+} катионларининг мавжудлиги; ксантогенатлар билан комплекс ҳосил қиладиган гидрооксид бирикмалари $[\text{Fe}(\text{OH})\text{X}]\text{X}^-$ ҳосил бўлиш жараёнининг ривожланиши; пирротин фактори ҳам $\text{Fe}(\text{OH})^+$ ҳосил бўлишига олиб келади;

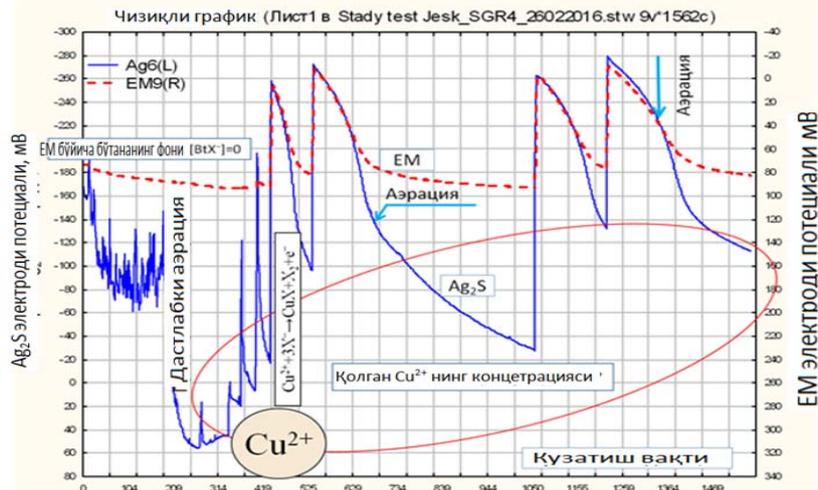
сулфидлар юзасининг электрохимёвий коррозиясининг ривожланиши (лимонитлаш); серицит факторининг ривожланиши, асосан оҳакли технологияни қўллаганда мис концентратининг сифатини туширади; рудада мис микдорининг сезиларли вариацияси ва оксидланган кўринишдаги мис минераллари.

Диссертациянинг «**Мис ва мис-молибден рудаларини флотациялаш технологиясини ишлаб чиқиш**» деб номланган учинчи бобидоҳакдан фойдаланмасдан мис ва мис-молибден рудаларини флотациялаш технологиясини ишлаб чиқишга қаратилган. Рудаларнинг бойитилувчанлигини тадқиқ қилиш, кўплаб номаълум, кўпинча бир-бирига қарама қарши маълумотларни солиштириш ва кўп сонли тажрибаларни қўйишни талаб этадиган ўта қийин вазифа бўлиб ҳисобланади. Одатда, бойитилувчанликни ўрганишдаги асосий қисм, ўз ичига руданинг минералогик, фракцион, гранулометрик анализлари, шунингдек, баъзи руда ва минералларга тегишли физик хоссалари тадқиқотларини ўз ичига оладиган дастлабки комплекс тадқиқотлар бўлиб ҳисобланади ва рН дан ташқари замонавий ионометрия усуллари одатда қўлланилмайди. Шундай қилиб, биз фойдаланадиган, электродлар ёрдамида бўтананинг электрохимёвий параметрларини қайд қиладиган, бевосита бўтананинг ичига ўрнатилган потенциограммалар тадқиқ қилинаётган руда намунасининг технологик хоссаларини аниқлайдиган информатсион базани кенгайтириши муқаррардир. Тадқиқот учун куйидаги электрод тизимларидан фойдаландик:

Ag_2S (ионлар назорати S^{2-} , VtX^- , Cu^{2+}); Pt (бўтана суюқ фазасининг оксидланиш потенциали); Mo (бўтананинг оксидланиш потенциали); EM (плёнкали мембранали наноселектив электрод, йиғувчи ионлар концентрацияси назорати ва комплекс ҳосил бўлиш жараёни ривожлантирилиши); Cd (бўтананинг электр заряди, бўтана суюқ фазасининг электролитик фаоллиги); рН (водород кўрсаткичи).

2-расмда СЖР (Жезказган) руда намунасининг электрохимёвий параметрлари кинетикасини қайд қилувчи ва аргентитли ва мембранали электродлар йўналишларини солиштиручи потенциограмма тасвирланган (кейин Ag_2S ва EM мос равишда). Ag_2S электроди кўрсаткичлари бўйича дастлабки бўтанада аллақачон Cu^{2+} катионлари мавжуд (Ag_2S электроди потенциалларини минус 180 мВ дан кўпроқ кўтариш). Бўтана аэрацияси ёқилганда бўтанадаги Cu^{2+} катионлари концентрацияси бир неча кўрсаткичга ошади.

Мис катионларини нейтраллаш учун сезиларли ксантогенат сарфи талаб қилинди: $\text{Cu}^{2+} + 3\text{X}^- \rightarrow \text{CuX} + \text{X}_2 + \text{e}^-$. Аммо кейинчалик эркин ҳолдаги йиғувчи ионлар концентрацияси нол қийматгача пасаяди ва булар наноселектив мембранали EM электроднинг фондаги потенциаллари бўйича қайд қилинади. Шундай қилиб, тадқиқ қилинаётган намуна бўтанасининг электрохимёвий хоссаларини микдорий баҳолаш имконини берадиган мис омили аниқланди.

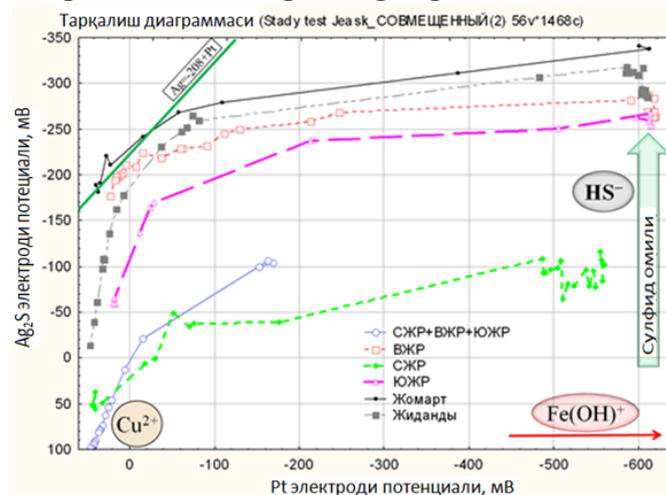


2-расм. СЖР руда намунаси электрохимий параметрлари кинетикасини қайд қилувчи потенциограмма

Бўтанада дастлабки аралаштиришда Pt электроди потенциалларининг натрий сульфид тоза эритмасидаги электродлар потециаллари нисбатининг электрохимий модели чизиғидан салбий қийматлари соҳасидаги кузатув натижаларини жиддий равишда силжитадиган темирнинг гидросокомплекс бирикмаларининг $\text{Fe}(\text{OH})^+$ мавжудлигини:

$$\text{Ag}_2\text{S} = -208 + \text{Pt}, \text{ мВ} \quad (1)$$

умумлаштирилган электрохимий хусусиятларининг бир йўла Жезказган руда майдонининг солиштирма баҳолаши (3-расмда « $\text{Ag}_2\text{S} - \text{Pt}$ » координата текисликларида тасвирланган) исботлайди. Шунингдек руда аралашмасидан (ВЖР - 36 % + ЮЖР - 44 % + СЖР - 20 %) тузилган шихта параметрининг электрохимий параметрлари ҳам тадқиқ қилинган.



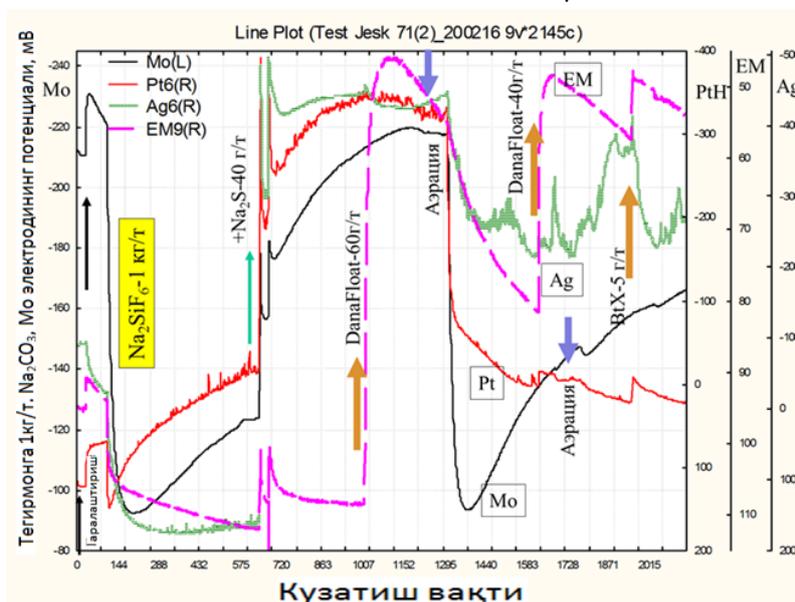
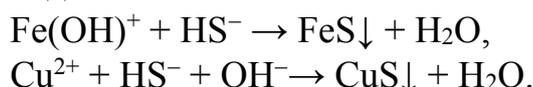
3-расм. Барча тадқиқ қилинаётган намуналардаги электрохимий ўзгаришларни кузатганда Ag_2S ва Pt электродлари потециаллари орасидаги боғлиқлик

Жомарт, Жиланды ва ВЖР конлари намуналари учун электрохимий оксидланиш ва бўтанада HS^- ионлари ва $[\text{Me}(\text{HS})_3]$ туркумидаги металсульфид

комплексларининг ҳосил бўлиш жараёнлари бориши натижасида сульфид омилининг ўзгариб бориши белгиланган:



4-расмда ВЖР ва ЮЖР рудаси учун келтирилган эгри чизик асосида электрохимёвий параметрларни солиштирма баҳолаш ва нима сабабдан ВЖР рудаси намунасига нисбатан ЮЖР рудаси намунасининг нисбатан ёмон бойитилишини тушунтириш мумкин. ВЖР намунасида нисбатан кучли сульфид омили бўлганида, аэрацион бўтана тайёрлаш олиб борилгандан сўнг, қачонки, бўтанада аллақачон $\text{Fe}(\text{OH})^+$ ионлари мавжуд бўлмаганда ва мис ионлари нейтралланганда электрохимёвий модел соҳасида кузатувлар қўшилиб кетиши кузатилади:

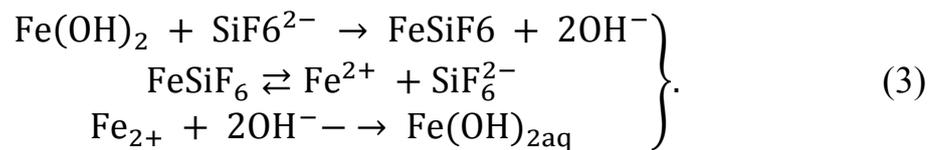


4-расм. 71-сон тажриба синовидаги электрохимёвий параметрларнинг ўзгариш кинетикаси (Mo, Pt, EM, Ag)

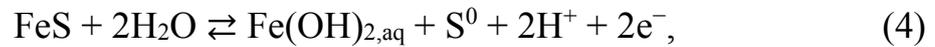
ЮЖР рудаси намунасининг электрохимёвий параметрлари ўзгаришини акс эттирадиган эгри чизик, аэрациядан сўнг электрохимёвий модел (1) орқали тасвирланадиган соҳага етиб бормайди ва мис омилининг ўсиб боришини кўрсатади. Шу жойда ЮЖР намунасига ксантогенат берилганида тоза эритмада VtX ва $[\text{Fe}(\text{OH})\text{X}]^-$ комплекслари ҳосил бўлишини аниқлайдиган Ag_2S – EM электродлари орасидаги калибровка боғлиқлигидан четга чиқиш ҳолати кузатилади.

Сульфид минераллари юзасини электрохимёвий коррозия жараёни эвазига ҳосил бўлган темир гидрооксидли плёнкадан тозалаш учун нартий фторсиликатдан фойдаланиш таклиф этилган.

Na_2SiF_6 ёрдамида юза қисмидаги темир бирикмаларининг эриши содир бўлади, бунда, темир (II) гидрооксиди юза қисмдан бўтанага ўтади:



Темир гидрооксиди плёнкаларининг эритилганидан сўнг сульфид минераллари юза қисмининг оптимал ҳолати электрохимий модел орқали аниқланади

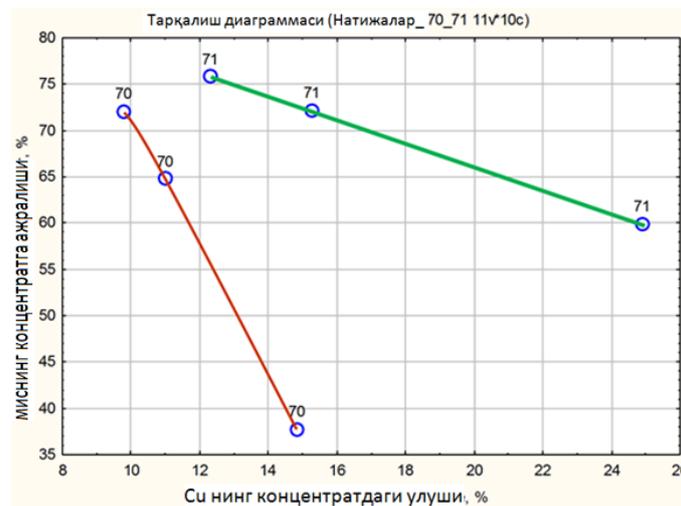


қайсинки тенгламага мос келади

$$E_h = 272 - 59\text{pH}, \text{ мВ} \quad (5)$$

тўйинган кумушхлорли электрод солиштирмаси бўйича.

Темир бирикмалари нейтралзация қилиш учун Na_2S ни дозировкалаш қуйидаги реакция билан назорат қилинади.



5-расм. 70-сон таянч тажриба синови ва янги режим асосида бажарилган №71 тажриба синовида олинган бойитилувчанлик эгри чизиқлари

Жезказган рудаси аралашмасидан тақдим қилинган руда намунасининг электрохимий параметрларини тадқиқ қилиш натижаларини 70-сон ҳисобга олиб таянч тажриба синови қўйилди. Тажриба синови ўзида, дастлабки руданинг 58% қисми -74μ бўлган йириклик синфидаги янчишдан сўнг, ўз ичига анъанавий реагент режимига асосланган учта флотация операциясини олди: Na_2S , АЕРО 9863 ва VtX. Параллел равишда таклиф қилинаётган реагент режими билан № 71 тажриба синови амалга оширилди. 71-сон тажриба синовининг потенциограммаси 4-расмда тасвирланган.

70-сонли таянч тажриба синови ва янги реагентлар билан амалга оширилган 71-сонли тажриба синовидаги бойитилувчанлик эгри чизиқлари 5-расмда берилган. Келтирилган расмдан яққол аён бўлиб турибдики, тақдим этилган намуналарни тадқиқ қилиб олинган потециограммалар асосида шакллантирилган янги реагентли режимда нисбатан сезиларли юқори технологик натижалар олинган.

Диссертациянинг «Ишлаб чиқилган техник ечимлар апробацияси» деб номланган тўртинчи бобида ишлаб чиқилган техник ечимлар тажрибалари апробациялари келтирилган.

Коктенколь кони руда намунаси саноат синовлари ишлаб чиқилган технологиянинг юқори самарадорлиги тасдиқлашди ва фабриканинг қурилиш лойиҳасига жадвалда кўрсатилган тўртта олинган концентратларнинг кўрсаткичлари киритилди.

Диссертацияда ишлаб чиқилган корхонада қайта ишланаётган хом ашё технологик структурасини аниқлаш методологияси рудага қўллашга асосланиб намуна олиб бажарилган. Турли омиллар анализи ёрдамида флотация операциялариганоптимал топшириқ берадиган автоматик равишда меёрловчи созлашларни аниқлайдиган рудаларнинг технологик типлари аниқлаб топилган.

Жадвал

Орхона қуришда олдиндан кўриб чиқиладиган технологик кўрсаткичлар

Концентрат	Металлар миқдори, %				Металларнинг ажралиши, %			
	Bi	Mo	Cu	S	Bi	Mo	Cu	S
Mo	0,089	53,0	0,039		0,10	85,00	0,05	
Cu	5,8	0,07	32,8	33,1	7,89	0,18	70,35	4,6
Bi	2,5	0,05	0,04	37,1	33,8	0,90	0,60	7,5
Pu	0,062	0,32	0,14	44,5	13,8	22,3	2,3	43,11

Минераллар юзасини механик активлаш методикасининг қўлланилиши молибден концентратида миснинг миқдорини 0,2% га тушириш ва таркибидаги молибден миқдори бўйича энг яхши барқарор сифатга эришиш имконини берди.

ХУЛОСА

Диссертация бўйича ўтказилган тадқиқотлар асосида қуйидаги натижалар олинди:

1. Амалдаги флотация жараёнини таҳлил қилиш ва ўрганилаётган кўрсаткичларнинг график хусусиятларини, тасодифий функцияларнинг гармоник ажралиши, факторли таҳлил усуллари ва нейротармоқли моделлаштириш методологиясини баҳолашни ўз ичига олган чуқур статистик усуллар асосида тадқиқот ишларини қайта ишлаш учун янги технологик аудит тартиби таклиф қилинди.

2. Янги ишлаб чиқилган технологик аудит методологияси технологик кўрсаткичлардаги қайта ишланаётган руданинг мураккаблиги, қўлланилаётган реагент режимининг номукамаллиги ва металл ажратиб олишниг вақтинчалик ўзгаришига катта таъсир қилувчи эканлиги таъкидланган бўтананинг айланма оқимини бошқарувчи технолог-операторнинг нотекис бошқарувви билан боғланган камчиликларни аниқлаш имконини берган.

3. Мис ва мис-молибден рудаларини қайта ишлашда ўзгарувчан кириш, режим кўрсаткичлари ва эришилган технологик ютуқлар ўртасида етарлича ишончли боғлиқликлар аниқланди. Қайта ишланаётган руданинг технологик тузилиши аниқланди. Амалдаги бойитиш технологиясини такомиллаштириш бўйича таклифлар берилди, реконструкция қилиш ва тайёр маҳсулот ишлаб чиқариш технологик кўрсаткичларини кўтариш амалга ошириладиган лойиҳалаштириш учун регламент тайёрланган.

4. Мис ва мис-молибден рудаларининг флотация жараёни таҳлили ва тадқиқотлари учун бўтанада бораётган жараёнлар кимёвийлигини аниқлаштиришга имкон берувчи мувофиқлаштирилган ионометрик потециогаммалар қуриш илк бор ишлаб чиқилган методологияси таклиф қилинган.

5. Мис ва мис-молибден рудалари флотациясига салбий таъсир қилувчи факторлар аниқланган. Бундай факторларга: электрокимёвий коррозияда борадиган жараёнлар натижасида темир гидроксид бирикмалари, рудадан ажратиб олинadиган мис катионлари, сульфидли анионлар ва сульфидрил йиғувчи қўшилганда комплекс равишда ионлар ҳосил бўлиши, кўпчилик ўрганилган конларда олинadиган молибден бойитмалари сифатини пасайтирувчи серицитизациянинг ривожланиши киради. Электрокимёвий усуллар ёрдамида олинган натижаларни баҳолаш энг яхши технологик кўрсаткичларга эришиш учун тадқиқотларнинг оптимал йўналишини аниқлашга имкон беради.

6. Мис ва мис-молибден рудаларини тегирмонда сода дозасини таъминлаш, кираётган пульпани натрий фторсиликати ёрдамида қайта ишлаш ва эриган гидроксид бирикмаларни натрий сульфид билан нейтралзация қилиш жараёнларини ўз ичига олган оҳаксиз муҳитда ишлаб чиқилган флотациялаш технологияси тавсия этилган.

7. Руда намуналари мисолида ишлаб чиқилган оҳаксиз муҳитда бойитиш технологияси технологик кўрсаткичларни сезиларли кўтарилишини таъминлаши тажрибаларда синаш имконини берган.

8. Саноат шароитида флотация жараёнларини оптималлаштириш учун бўтананинг электрокимёвий кўрсаткичларини назорат қилиш қурилмалари зарурлиги тажрибаларда тавсия этилган.

9. Ишлаб чиқилган технологик таснифлаш тартибига кўра факторли таҳлил методологиясига асосан кон рудаларининг тузилиши аниқланган. Технологик турлаш харитасидаги ўзгаришларни таҳлил қилиш натижасида ишлаб чиқариш учун йирик заҳира борлиги ва қайта ишлашга бериладиган хомашё сифатининг интерактив базасида флотация жараёнини оптималлаштириш компьютер тизими яратилишига эҳтиёж борлиги исботланган.

10. Маҳсулотли молибден концентрати сифатини меъёрлаштириш ва йилига 15-20 тонна қўшимча мис ишлаб чиқиш орқали иқтисодий самара олиш имконини берадиган мис ва молибден минералларини ажратиб олиш эффектив самарадорлигини ошириш технологияси таклиф қилинган.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.27.06.2017.Т.06.01 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ НАВОЙСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ
ГОРНОМ ИНСТИТУТЕ И ТАШКЕНТСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ
ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ им. ИСЛАМА КАРИМОВА**

НАВОЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ

АРУСТАМЯН АРМЕН МИХАЙЛОВИЧ

**ИССЛЕДОВАНИЕ, РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ
ТЕХНОЛОГИИ ОБОГАЩЕНИЯ МЕДНЫХ, МЕДНО-
МОЛИБДЕНОВЫХ РУД, ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕЕ ПОВЫШЕНИЕ
ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЦЕННЫХ МЕТАЛЛОВ**

04.00.14 – Обогащение полезных ископаемых

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации доктора философии по техническим наукам (PhD)

Навои – 2018

Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за № В2018.2.PhD/T623.

Диссертация выполнена в Навоийском государственном горном институте.

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

Научный руководитель: **Санакулов Кувандик**
Заслуженный работник промышленности Республики Узбекистан, доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты: **Юсупходжаев Анвар Абдуллаевич**
доктор технических наук, профессор

Петухов Олег Фёдорович
кандидат технических наук, доцент

Ведущая организация: **ГП «Институт минеральных ресурсов»**

Защита диссертации состоится «___» _____ 2018 года в «___» часов на заседании Научного совета DSc.27.06.2017.T.06.01. Адрес: 210100, г. Навои, ул. Жанубий, 27.
Тел.: 0 (436) 223-23-32; факс: 0 (436) 223-49-66; e-mail: info@ndki.uz.

С диссертацией можно ознакомиться в информационно-ресурсном центре Навоийского государственного горного института (зарегистрирован за №___). Адрес: 210100, г. Навои, ул. Жанубий, 27. Тел.: 0 (436) 223-56-90; факс: 0 (436) 223-00-55.

Автореферат диссертации разослан «___» _____ 2018 года.
(реестр протокола рассылки №___ от _____ 2018 года).

Б.Р.Раимжанов

И.о. председателя Научного совета по присуждению ученых степеней, д.т.н., профессор

Ш.Ш.Заиров

Ученый секретарь Научного совета по присуждению ученых степеней, д.т.н., доцент

Ю.Д.Норов

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

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире основной проблемой является существенное ухудшение рудной базы медных и медно-молибденовых месторождений. К настоящему времени выработаны легкообогатимые руды с высоким содержанием металлов. Восполнение потерь в наработке медных и медных концентратов осуществляется за счет проектирования обогатительных фабрик повышенной производительности до 44 млн. т/год. На действующих предприятиях горнорудная промышленность развивается в основном по экстенсивному пути – увеличивается производительность предприятия в ущерб глубокой переработки руды и повышения извлечения металлов, расширения ассортимента получаемой продукции.

На сегодняшний день во всем мире накапливается огромное количество техногенных минеральных отходов, которые создают напряженную экологическую ситуацию. При проектном извлечении меди 85% при пуске фабрики достигнуто 65% извлечения металла. В результате необоснованного повышения производительности фабрики резко увеличились потери меди, золота и молибдена в хвостах. Таким образом, разработка новых технологий и совершенствование действующих технологий в направлении повышения извлечения металлов является актуальной задачей науки и практики горно-металлургического производства.

В республике особое внимание уделяется горно-металлургической промышленности, в частности обогащению полезных ископаемых. В этом направлении достигнуты значительные успехи, в частности, за счет внедрения новых флотационных технологий, увеличен объем переработки полезных ископаемых и снижена себестоимость продукции. Вместе с тем исследование, разработка и внедрение комплексной технологии обогащения руд, обеспечивающее повышение извлечения ценных металлов, является первоочередной задачей. В четвертом пункте четвертого направления программы Стратегических действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан отмечены важные задачи по «стимулированию научно-исследовательской и инновационной деятельности, созданию эффективных механизмов внедрения инновационных достижений в практику»¹. В этом аспекте исследование, разработка и внедрение комплексной технологии обогащения медных, медно-молибденовых руд, обеспечивающее повышение извлечения ценных металлов, представляет особое значение.

Данное диссертационное исследование, в определенной степени, служит выполнению задач, предусмотренных в Указах Президента Республики Узбекистан №УП-4707 от 4 марта 2015 г. «О программе мер по обеспечению структурных преобразований, модернизации и диверсификации производства в 2015-2019 гг.» и №УП-4947 от 7 февраля 2017 г. «О стратегии действий по

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

дальнейшему развитию Республики Узбекистан», а также в других нормативно-правовых документах, принятых в этой сфере.

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

Степень изученности проблемы. С момента зарождения селективной флотации основным методом обогащения Cu-Mo руд является флотация в известковой среде, направленная на получение коллективного Cu-Mo концентрата и пиритсодержащих хвостов. Этот принцип закладывается и сегодня в основу технологии строящихся объектов. Известковая технология заложена в построенном в 2013 г. Михеевском ГОКе и проектируемой Томинской обогатительной фабрике (Россия). На известковой технологии работает монгольский гигант «Эрдэнэт» и разрабатываются проекты строительства объектов на месторождениях Акбастау и Космурун (Казахстан). И этот список является далеко не полным. Не требуется доказательств, что такая технология автоматически предусматривает необходимость более тонкого измельчения с головы процесса, что приводит к переизмельчению легко шламуемых минералов и, прежде всего, молибденита.

К настоящему времени исследованы технологические показатели работы 43-х обогатительных фабрик мира. Используемый реагентный режим базируется на применении извести и ксантогената, который приводит к снижению технологических показателей, особенно при значениях $pH > 10$.

Важной составляющей развития новых технологий является применение современных методов углубленной математической статистики для обработки и анализа информационной базы данных о работе действующих предприятий и научных исследований. Отсутствие применения новых математических методов в современной практике флотационного обогащения формирует мнение широкого круга специалистов, что нет никакого общего правила при подборе реагентного режима флотации и эти правила не могут быть предписаны заранее. К тому же химизм процессов пульпоподготовки перед флотацией слабо освещен в современной научной литературе. Для преодоления указанных недостатков необходимо не только расширить инструментальную базу для проведения исследований с помощью современных методов ионометрии, но и выполнить глубокий анализ по интерпретации измеряемых показателей с позиций физической и аналитической химии. Создание алгоритмов диагностики при моделировании изучаемых флотационных систем служит основой для дальнейшей разработки мультисенсорной системы.

Развитие новых технологий неразрывно связано с их автоматизацией, поскольку только наличие надежной и объективной цифровой базы данных о

работе объекта способствует выявлению узких мест в применяемых технологических режимах и технологической структуры поступающей шихты на флотационную переработку. Следует отметить, что на действующих фабриках до сих пор существует низкий уровень автоматизации и применение средств компьютерной техники, способных формировать статистические массивы, на основании которых осуществлялось бы изучение свойств действующего объекта и определялись бы пути его совершенствования. Зарубежные фабрики выгодно отличаются в применении самых современных средств автоматического контроля технологических параметров и компьютерного формирования статистических массивов, но при этом отсутствует применение современной методологии обработки и анализа получаемых данных о функционировании флотационных операций. Поэтому не получило развитие методы математического моделирования флотации, устойчиво работающих в промышленных условиях. Одним из перспективных направлений решения данной задачи является применение методологии нейросетевого моделирования, поскольку процесс флотации является сложным многофакторным и нелинейным объектом.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках плана научно-исследовательских работ Навоийского государственного горного института и АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат» на тему: «Разработка и проектирование технологии переработки шихты руд месторождений Кальмакыр и Ёшлик-І» на обогатительной фабрике МОФ-3 АО «Алмалыкский ГМК» (2017 г.).

Целью исследования является разработка новой технологии флотации медных и медно-молибденовых руд в безизвестковой среде с целью повышения извлечения металлов.

Задачи исследования:

анализ основных тенденций мировой практики с помощью методологии нейросетевого моделирования;

совершенствование принципов технологического аудита исследовательских работ и практики флотационного обогащения в условиях неполной информации методами гармонического разложения случайных функций и факторного анализа;

разработка новой технологии флотации без применения извести на основе построения потенциограмм с помощью ионоселективных электродов; апробация разработанных технических решений.

Объектом исследования является процесс флотации медных и медно-молибденовых руд.

Предмет исследования: информационное, методологическое и алгоритмическое обеспечение новой технологии флотации медных и медно-

молибденовых руд различных месторождений.

Методы исследования. При выполнении диссертационной работы использованы комплексные методы исследований, базирующихся на методологии электрохимического контроля процесса флотации в лабораторных и промышленных условиях, методах математического моделирования электрохимических процессов, методах обработки экспериментальных данных с помощью углубленной математической статистики в программном пакете «STATISTICA», разложения случайных функций в ряды Фурье, разработке математических моделей на основе теории нейронных сетей, методах экспертных оценок, анализе устойчивости разработанных математических моделей в условиях переработки различных типов перерабатываемого сырья.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

разработан режим флотации медных и медно-молибденовых руд в безизвестковой среде, включающий дозировку соды в мельницу, обработку исходной пульпы фторсиликатом натрия и нейтрализацию растворенных гидроокисных соединений сернистым натрием;

создана потенциограмма, фиксируемая с помощью различных электродных систем, позволившая количественно оценить значение электрохимических параметров пульпы при флотации медных и медно-молибденовых руд, выявить факторы, отрицательно влияющие на технологический процесс;

разработано новое информационное пространство для внедрения мультисенсорных электрохимических систем, включающее электродные потенциалы: Ag_2S , Pt, Mo, Cd, EM, pH, расширяющее возможности развития новых технологий процесса флотации;

разработана методика технологического аудита процесса флотации медных и медно-молибденовых руд в условиях ограниченной информации с помощью гармонического разложения случайных функций и методологии факторного анализа.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

разработано и внедрено информационное пространство, основанное на результатах потенциометрических измерений ионных параметров пульпы, обеспечивающее возможность мониторинга состояния процесса при флотации медных и медно-молибденовых руд.

разработана и внедрена совокупность предложенных элементов инструментального, алгоритмического и программного обеспечения системы мониторинга процесса флотации, позволяющая контролировать динамику изменения ионных параметров пульпы в ходе лабораторных и промышленных исследований на протяжении всего процесса в реальном времени.

разработаны и внедрены структура перерабатываемой шихты при флотации медных и медно-молибденовых руд, оптимальные значения

режимных параметров при их флотации получены обобщенные кривые обогатимости при флотации выявленные нейросетевом моделировании.

Достоверность результатов исследования. Достоверность результатов исследования доказана значительным объемом лабораторных и промышленных экспериментов, удовлетворительной сходимостью и количественным подтверждением основной идеи работы о повышении извлечения ценных металлов путем разработки комплексной технологии обогащения медных и медно-молибденовых руд, а также положительными результатами внедрения на обогатительных фабриках.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследования обосновывается новым методологическим подходом к исследованию процессов флотации медных и медно-молибденовых руд, совершенствовании принципов технологического аудита и принципов флотации при непрерывно электрохимическом контроле.

Практическая значимость результатов исследования характеризуется разработкой нового способа флотации, включающего измельчение руды в содовой среде, активацию поверхности ценных минералов с помощью фторсиликата натрия и нейтрализацию растворенных соединений железа сернистым натрием.

Внедрение результатов исследования. На основе исследования, разработки и внедрения комплексной технологии обогащения медных, медно-молибденовых руд, обеспечивающее повышение извлечения ценных металлов:

комплексы для обновления поверхности минералов в цикле селекции меди и молибдена внедрены в технологический регламент на разработку и проектирование технологии переработки шихты руд месторождений «Кальмакыр» и «Ёшлик 2» (справка АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат» №ВХ-04171 от 10 апреля 2018 г.). В результате созданы возможности по повышению эффективности и интенсифицированию процесса разделения медно-молибденовых руд, а также увеличению извлечения металлов в одноименные концентраты;

технология повышения эффективности разделения минералов меди и молибдена использована в АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат» (справка АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат» №ВХ-04171 от 10 апреля 2018 г.). В результате созданы возможности по стабилизации качества товарного молибденового концентрата и получению экономического эффекта путем выпуска дополнительной меди 15-20 тонн в год.

Апробация результатов исследования. Апробация результатов данного исследования произведена на 4 международных научно-практических конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликованы 17 научных работ, из них в научных изданиях,

рекомендованных для опубликования основных научных результатов диссертаций Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан, опубликованы 11 статей, в том числе 4 из которых в республиканских и 7 в зарубежных журналах.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 117 страниц компьютерного текста.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

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

В первой главе **«Методические, технические и информационные аспекты развития флотационного обогащения медных и медно-молибденовых руд»** проведен анализ проблемы флотации медных и медно-молибденовых руд в мировой практике в условиях резкого ухудшения обогатимости вовлекаемых в переработку руд. Подчеркивается, что создание способов переработки нового труднообогатимого сырья является сложным и комплексным процессом, требующим проработки вопросов методического, информационного и технического обеспечения новых технологий.

Анализ выполненных и опубликованных работ показал, что основным методом обогащения Cu-Mo руд является флотация в известковой среде, направленная на получение Cu-Mo концентрата и пиритсодержащих хвостов, но при этом не учитывается, что известковая среда приводит к снижению извлечения сульфидов меди, молибденита и золота.

Приводимые сведения по мировой практике работы 43-х фабрик, перерабатывающих медно-молибденовые руды, трудно интерпретируемы традиционными методами классической дескриптивной статистики, особенно из-за вариации содержания меди в руде в диапазоне 0,2-4,6 % и колеблемости приводимых значений водородного показателя в пределах $pH=5,6-12,0$. Поэтому для анализа представленных данных была применена методология нейросетевого моделирования. Рассчитана обобщенная регрессионная нейронная сеть ОРНС 2:2-23-3-2:2(5), с выходными функциями извлечения меди (ϵ) и содержания металла в концентрате (β) и входными переменными содержания меди в руде(α) и pH .

Исследования по разработанной модели позволили сделать вывод о необходимости разработки новых технологий без применения извести при

значениях $pH < 8,6-8,0$.

Отмечается, что в настоящий момент мониторинг и управление процессом флотации слабо развит в промышленной практике и в основном базируется на субъективной и не объективной методологии лучшего технолога-оператора. Причиной этого является большая сложность контролируемого многопараметрического и нелинейного объекта и трудность интерпретации результатов исследования лабораторных и промышленных данных. К недостаткам применяемых методик в практике флотационного обогащения следует отнести ограниченность используемых средств потенциометрического контроля электрохимических параметров пульпы и математических методов обработки экспериментальных данных, что снижает эффективность разработки новых технологий и совершенствования существующих технологий. На основании проведенного анализа определяются цель и задачи исследования.

Во второй главедиссертации **«Совершенствование принципов технологического аудита в целях разработки технологии флотации медных и медно-молибденовых руд»** доказано, что наиболее слабым звеном при проведении аудитов является технологическая часть и методология обработки и анализа имеющихся и собранных исходных данных. На многих предприятиях отсутствует компьютерная система сбора информации в формате, необходимом для проведения анализа самыми современными математическими методами. В большинстве случаев фабрики не оснащены средствами автоматического экспресс-анализа продуктов операционных контуров технологической схемы флотации. Во всех случаях при проведении технологического аудита единственно доступной информацией являются только сменные или суточные отчетные данные о работе фабрики в целом без детального рассмотрения отдельных флотационных операций. Попытка нового подхода к проведению технологического аудита сделана на примере работы Жезказганской обогатительной фабрики № 2 на базе сменного массива работы фабрики, полученного при переработке руд за период с июня по сентябрь 2015 года и включающего 324 наблюдения. Отмечена значительная вариация технологических показателей. При этом установлено, что дисперсия извлечения меди определяется вариацией содержания меди в руде только на 50 % и на величину извлечения металла оказывают влияние также тип перерабатываемой шихты, соотношение между содержанием первичных и вторичных сульфидов меди, степень окисленности, содержание в руде алюмосиликатов, в том числе серицита и хлорита. Доказано, что на вариацию технологических показателей оказывает существенное влияние человеческий фактор.

Наблюдаемая реальная кривая извлечения меди хорошо описывается косинусоидой с периодом $T = 4$ смены и амплитудой в 5 % извлечения меди. Такое наблюдение можно объяснить только сложностью технологической

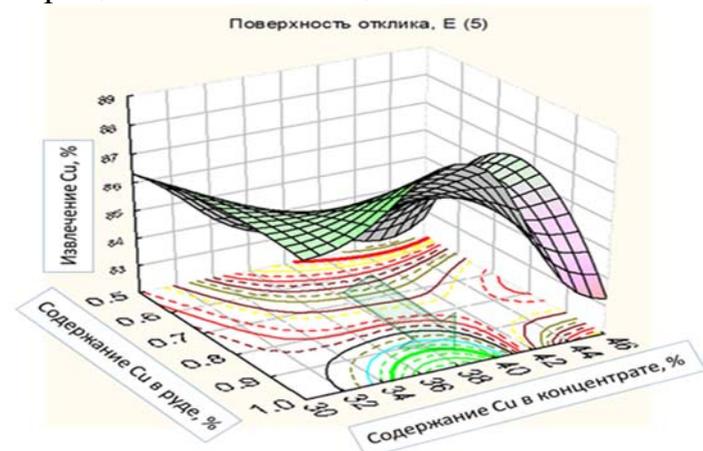
схемы, применяемой на фабрике, и не адекватностью действий оператора-технолога при управлении циркуляционными потоками пульпы. Таким образом, направление разработки более простой технологической схемы с включением в голову межцикловой песковой флотации и исключением из схемы операций раздельной флотации песков и шламов является перспективным и направлено на повышение технологических показателей и улучшение экономики производства.

Методами углубленной статистики доказана не стационарность рудной массы, перерабатываемой на фабрике, потому наличие достоверных взаимосвязей между рассматриваемыми параметрами были установлены с помощью гармонического разложения случайных функций. Для более глубокого понимания взаимосвязей между параметрами на рассматриваемом объекте рассчитана нейросетевая модель ОРНС 2:2-162-2-1:1, устанавливающая взаимосвязь между извлечением меди и содержанием металла в руде и концентрате. Большую сложность и нелинейность объекта отражает полученная поверхность отклика извлечения меди на вариацию входных параметров (рис. 1).

С помощью полученной нейросетевой модели решена задача вариабельности и прогнозируемых технологических показателей при изменении перерабатываемой шихты.

Достоверным результатом можно считать оценку, полученную в области содержания меди в концентрате 36-40%. Увеличению в руде содержания меди на 0,1% соответствует прирост извлечения металла на 1,3%. Попытки повышения качества концентрата выше 40% Cu при существующей технологии являются не обоснованными, поскольку при этом наблюдается резкое снижение извлечения металла.

При проведении технологического аудита флотации выявлены факторы, отрицательно влияющие на селективность флотации.



К таким факторам относятся: наличие в пульпе катионов Cu^{2+} , вызывающих взаимную активацию поверхности сульфидных минералов и нарушающий селективность процесса; развитие процессов формирования гидроксоокисных соединений $\text{Fe}(\text{OH})^+$, комплексообразующих ксантогенат

$[\text{Fe}(\text{OH})\text{X}]\text{X}^-$; пирротинный фактор, также способствующий образованию $\text{Fe}(\text{OH})^+$; развитие электрохимической коррозии поверхности сульфидов (лимонитизация); развитие серицитового фактора, особенно при применении известковой технологии, снижающего качество медного концентрата; значительная вариация содержания меди в руде и окисленных форм медных минералов.

В третьей главе диссертации «**Разработка технологии флотации медных и медно-молибденовых руд**» разработана технология флотации медных и медно-молибденовых руд без применения известки. Исследование руд на обогатимость является сложнейшей задачей со многими неизвестными, требующей сопоставления многих, часто противоречивых друг другу данных и постановки многочисленных экспериментов. Классически, основным звеном в исследованиях на обогатимость является комплекс предварительных исследований, который включает минералогический, фракционный, гранулометрический анализы руды, а также некоторые исследования физических свойств, входящих в руду минералов и практически не применяются методы современной ионометрии за исключением контроля рН. Таким образом, применяемые потенциограммы, фиксирующие электрохимические параметры пульпы с помощью электродов, непосредственно установленных в пульпе, преследует цель расширить информационную базу при диагностике технологических свойств исследуемой пробы руды. Для исследования нами применены электродные системы: Ag_2S (контроль ионов S^{2-} , VtX^- , Cu^{2+}); Pt (окислительный потенциал жидкой фазы пульпы); Мо (окислительный потенциал пульпы); EM (пленочный мембранный ионоселективный электрод, контроль концентрации ионов собирателей и развития процессов комплексообразования); Cd (электрический заряд пульпы, электролитная активность жидкой фазы пульпы); рН (водородный показатель).

На рис. 2 представлена потенциограмма, фиксирующая кинетику изменения электрохимических параметров на пробе руды СЖР (Жезказган) и сопоставляющая тренды изменения потенциалов аргентитового и мембранного электродов (далее Ag_2S и EM соответственно).

По показаниям Ag_2S электрода исходная пульпа уже содержит катионы Cu^{2+} (повышение потенциалов Ag_2S электрода более минус 180 мВ) При включении аэрации пульпы концентрация катионов Cu^{2+} в пульпе увеличивается на несколько порядков. Потребовался значительный расход ксантогената, чтобы временно нейтрализовать катионы меди: $\text{Cu}^{2+} + 3\text{X}^- \rightarrow \text{CuX} + \text{X}_2 + \text{e}^-$. Но затем наблюдается снижение концентрации свободных ионов собирателя до нулевых значений, которые фиксируются по фоновым потенциалам пленочного мембранного ионоселективного электрода EM. Таким образом, выявлен медный фактор, позволяющий количественно оценить электрохимические свойства пульпы исследуемой пробы.

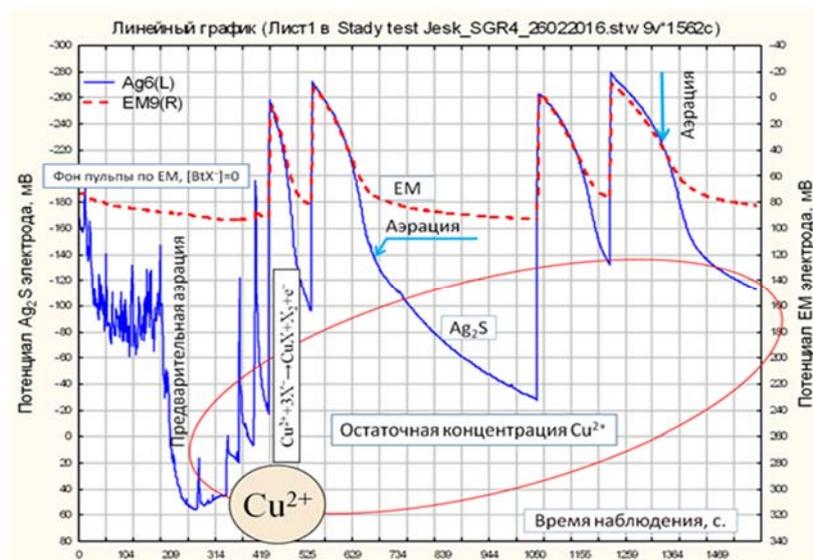


Рис. 2. Потенциограмма кинетики изменения электрохимических параметров на пробе руды СЖР

Наличие в пульпе гидросокомплексных соединений железа $\text{Fe}(\text{OH})^+$, которые существенно сдвигают результаты наблюдений при исходном перемешивании пульпы в область отрицательных значений потенциалов Pt электрода от линии электрохимической модели соотношения потенциалов электродов в чистых растворах сернистого натрия:

$$\text{Ag}_2\text{S} = -208 + \text{Pt}, \text{ мВ} \quad (1)$$

доказывает обобщенная сравнительная оценка электрохимических характеристик сразу по всем испытуемым пробам Жезказганского рудного поля, представленная на рис. 3 в виде плоскости в координатах « $\text{Ag}_2\text{S} - \text{Pt}$ ». Исследовались также электрохимические параметры шихты, составленной из смеси руд: ВЖР - 36 % + ЮЖР - 44 % + СЖР - 20%.

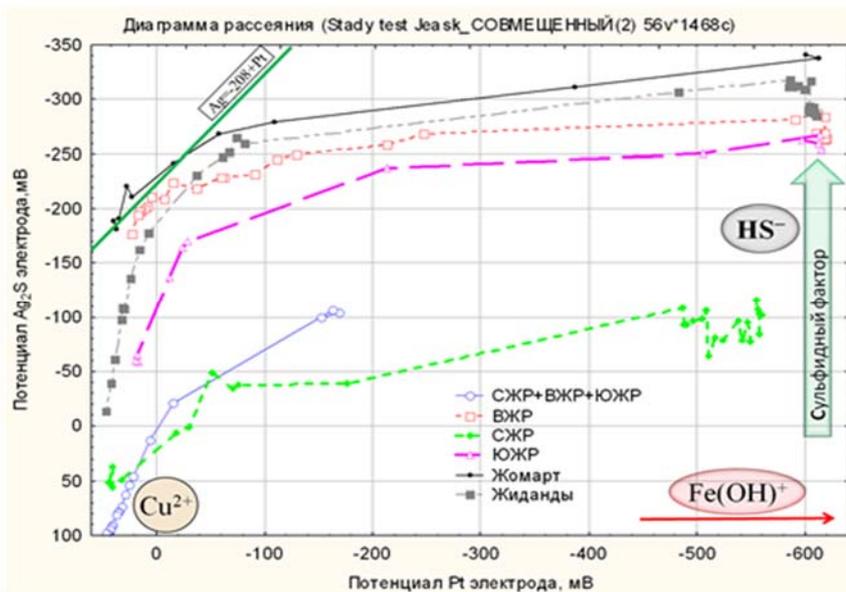
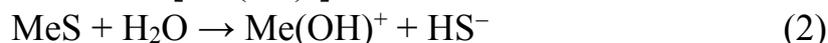


Рис. 3. Зависимость между потенциалами Ag_2S – и Pt – электродов при наблюдении электрохимических трендов на всех исследуемых пробах

Для проб месторождений Жомарт, Жиланды и ВЖР отмечено развитие сульфидного фактора в результате протекания процессов электрохимического окисления и образования в пульпе ионов HS^- и металсульфидных комплексов типа $[\text{Me}(\text{HS})_3]$:



По приведенным кривым на рис. 4 для проб руды ВЖР и ЮЖР можно сделать сравнительную оценку электрохимических параметров и объяснить причины более худшей обогатимости пробы ЮЖР по сравнению с пробой ВЖР. При более сильном сульфидном факторе на пробе ВЖР после проведения аэрационной пульпоподготовки отмечается смещение наблюдений в область линии электрохимической модели (1), когда в пульпе уже отсутствуют комплексы типа $\text{Fe}(\text{OH})^+$ и нейтрализуются катионы меди $\text{Fe}(\text{OH})^+ + \text{HS}^- \rightarrow \text{FeS}\downarrow + \text{H}_2\text{O}$ и $\text{Cu}^{2+} + \text{HS}^- + \text{OH}^- \rightarrow \text{CuS}\downarrow + \text{H}_2\text{O}$.

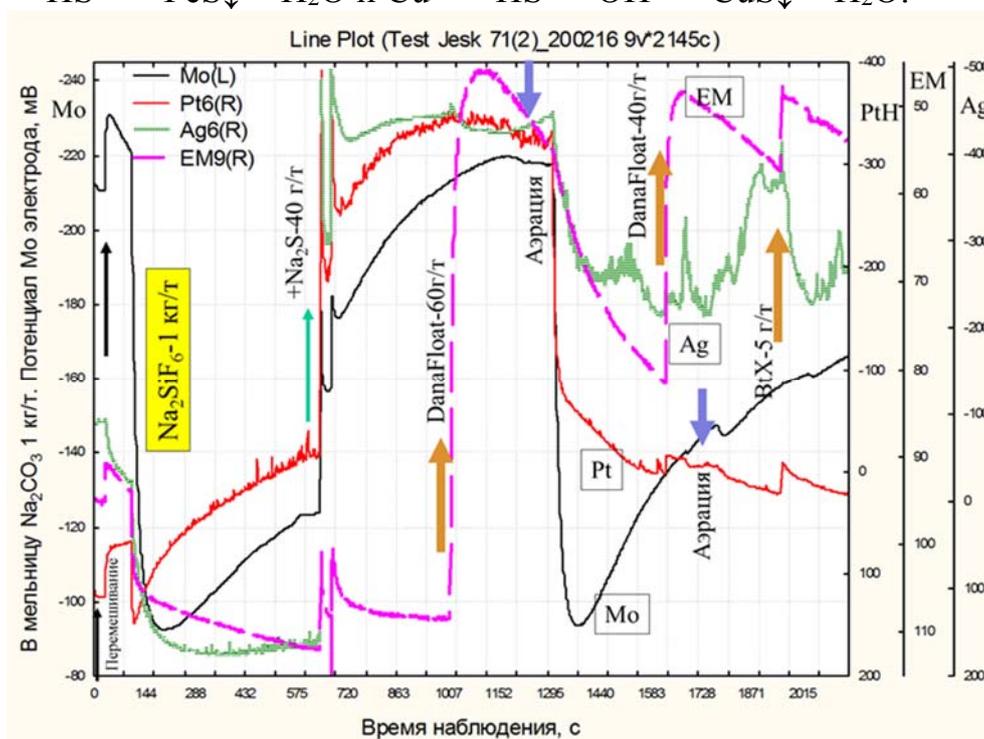
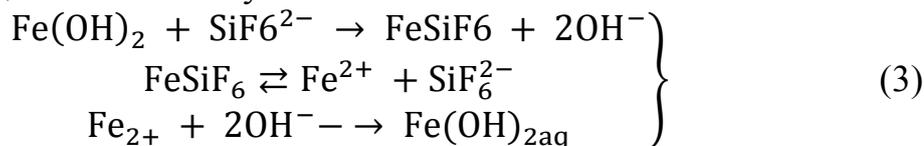


Рис. 4. Кинетика изменения электрохимических параметров (Mo, Pt, EM, Ag) в опыте №71

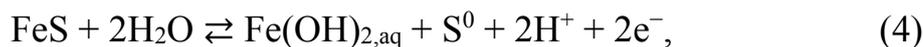
Кривая, отражающая поведение электрохимических параметров на пробе ЮЖР, после аэрации не достигает области, описываемой электрохимической моделью (1), и показывает развитие медного фактора. Отсюда при подаче ксантогената на пробе ЮЖР наблюдается отклонение наблюдений от калибровочной зависимости между потенциалами Ag_2S – EM электродов, определяемой в чистых растворах ВtX, и образование комплексов $[\text{Fe}(\text{OH})\text{X}]\text{X}^-$.

Для очистки поверхности сульфидных минералов от гидроокисных пленок железа, образовавшихся в результате развития процессов электрохимической коррозии, предложено применение фторсиликата натрия.

С помощью Na_2SiF_6 происходит растворение окисленных поверхностных соединений железа, при этом гидроксид железа (II) с поверхности переводится в объем пульпы:



Оптимальное состояние поверхности сульфидных минералов после растворения гидроокисных пленок железа определяется электрохимической моделью



которой соответствует уравнение

$$E_h = 272 - 59\text{pH}, \text{ мВ} \quad (5)$$

по шкале насыщенного хлорсеребряного электрода сравнения.

Дозировка Na_2S для нейтрализации растворимых соединений железа контролируется реакцией



С учетом полученных результатов при исследовании электрохимических параметров, представленных проб руды, на смеси Жезказганских руд был поставлен базовый опыт №70. Схема опыта включала три операции флотации после измельчения исходной руды до крупности 58% класса -74μ с применением традиционного реагентного режима: Na_2S , AERO 9863 и BtX. Параллельно был поставлен опыт №71 с предлагаемым реагентным режимом. Потенциограмма опыта №71 зафиксирована на рис. 4.

Кривые обогатимости по базовому опыту № 70 и опыту № 71 с новым режимом представлены на рис. 5. Из представленного рисунка следует однозначный вывод о существенно более высоких технологических результатах, достигнутых при новых режимах, сформированных на основании полученных потенциограмм при исследовании представленных проб.

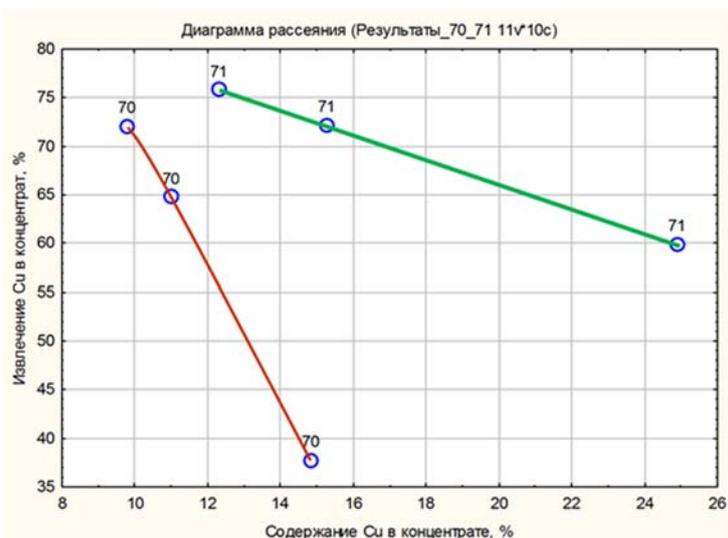


Рис. 5. Кривые обогатимости, достигнутые в базовом опыте №70 и в опыте №71 по новому режиму

В четвертой главе диссертации «Апробация разработанных технических решений» экспериментально апробированы разработанные технические решения. Пилотные испытания пробы руды месторождения Коктенколь подтвердили высокую эффективность разработанной технологии и в выполняемый проект строительства фабрики заложены показатели с получением четырех концентратов, представленные в таблице.

Таблица

Технологические показатели предусматриваемые при строительстве предприятия

Концентрат	Содержание металлов, %				Извлечение металлов, %			
	Bi	Mo	Cu	S	Bi	Mo	Cu	S
Mo	0,089	53,0	0,039		0,10	85,00	0,05	
Cu	5,8	0,07	32,8	33,1	7,89	0,18	70,35	4,6
Bi	2,5	0,05	0,04	37,1	33,8	0,90	0,60	7,5
Pu	0,062	0,32	0,14	44,5	13,8	22,3	2,3	43,11

Разработанная методология определения технологической структуры перерабатываемого сырья на предприятии апробирована и с помощью факторного анализа выявлены технологические типы руд, определяющие настройку оптимальных заданий системам автоматического регулирования флотационных операций.

Внедрение методики механоактивации минеральной поверхности обеспечило снижение содержания меди (Cu) в молибденовом (Mo) концентрате на 0,2% и существенно лучшую стабилизацию качества концентрата по содержанию в нем молибдена (Mo).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе проведенных исследований по диссертации получены следующие результаты:

1. Предложен новый принцип технологического аудита при анализе флотационного процесса действующего производства и при обработке результатов исследовательских работ на основе методов углубленной статистики, включающей оценку непараметрических характеристик изучаемых параметров, гармоническое разложение случайных функций, методы факторного анализа и методологию нейросетевого моделирования.

2. При использовании новой разработанной методологии технологического аудита выявлена большая дисперсия технологических показателей, обусловленная сложностью перерабатываемых руд, несовершенством применяемого реагентного режима и неадекватностью действий технолога-оператора по управлению циркуляционными потоками пульпы, что подтверждается выявленной высокочастотной составляющей на временном тренде извлечения металла.

3. Выявлены достоверные количественные взаимосвязи между входными переменными, режимными параметрами и достигаемыми

технологическими результатами при переработке медных и медно-молибденовых руд. Определена технологическая структура перерабатываемых руд. Сделаны рекомендации по усовершенствованию существующих технологий обогащения, выполняется регламент на проектирование ЖОФ 2 с последующей реконструкции обогатительного производства и повышением технологических показателей по выпуску товарной продукции.

4. Рекомендуются впервые разработанная методология построения ионометрических потенциограмм применительно к исследованию и анализу флотации медных и медно-молибденовых руд, позволяющая уточнить химизм процессов, протекающих в пульпе.

5. Установлены основные факторы, отрицательно влияющие на флотацию медных и медно-молибденовых руд. К таким факторам относятся: образование в пульпе гидроксоокисных соединений железа в результате протекания процессов электрохимической коррозии, катионов меди, выщелачиваемых из руды, сульфидных анионов и комплексообразование ионов вводимого сульфгидрильного собирателя, развитие процессов серицитизации на большинстве обследованных месторождений, которые существенно снижают качество получаемых молибденовых концентратов. Оценка полученных результатов с помощью электрохимических методов контроля позволяет выявить оптимальные направления исследований для достижения лучших технологических показателей.

6. Рекомендована разработанная технология флотации медных и медно-молибденовых руд в безизвестковой среде, включающая дозировку соды в мельницу, обработку исходной пульпы фторсиликатом натрия и нейтрализацию растворенных гидроксоокисных соединений сернистым натрием.

7. Исследование проб руд дало возможность применить разработанную безизвестковую технологию для обеспечения существенного повышения технологических показателей.

8. Рекомендована необходимость применения средств контроля электрохимических параметров пульпы для обеспечения оптимизации флотационных операций в промышленных условиях.

9. В соответствии с разработанными принципами технологической классификации перерабатываемой шихты с помощью методологии факторного анализа вскрыта технологическая структура руд. Исследование сменного тренда на карте технологической типизации доказывает наличие больших резервов производства и необходимость создания компьютерной системы оптимизации флотационного процесса на базе интерактивной подсистемы качества сырья, непосредственно поступающего в переработку.

10. Рекомендована технология повышения эффективности разделения минералов меди и молибдена, позволяющая создать возможности по стабилизации качества товарного молибденового концентрата и получению экономического эффекта путем выпуска дополнительной меди 15-20 тонн в год.

**SCIENTIFIC COUNCIL ON AWARDING SCIENTIFIC DEGREES OF
DSc.27.06.2017.T.06.01 AT THE NAVOI STATE MINING INSTITUTE AND
TASHKENT STATE TECHNICAL UNIVERSITY
NAMED ISLAM KARIMOV**

NAVOI STATE MINING INSTITUTE

ARUSTAMIAN ARMEN MIKHAYLOVICH

**RESEARCH, DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF A
COMPLEX TECHNOLOGY OF COPPER, COPPER-MOLYBDENUM
ORE ENRICHMENT, PROVIDING AN INCREASE IN THE RECOVERY
OF VALUABLE METALS**

04.00.14 – Concentration of mineral deposits

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

The theme of dissertation doctor of philosophy (PhD) was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under B2018.2.PhD/T623.

The dissertation has been carried out at the Tashkent State Technical University.

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

Scientific Consultant: **Sanakulov Kuvandik**
Honored Worker of Industry Republic of
Uzbekistan, doctor of technical sciences, professor

Official opponents: **Yusupkhodjaev Anvar Abdullaevich**
Doctor of technical sciences, Professor
Petukhov Oleg Fedorovich
Candidate of technical Sciences, associate Professor

Leading organization: **SC «Institute Of Mineral Resources»**

The defence of the dissertation will be held on «__» _____ 2018 at ____ at the meeting of of single of the Scientific council of scientific degrees DSc.27.06.2017.T.06.01 at the Navoi State Mining instituteand Tashkent State Technical University.Address: 210100, Navoi, Janubiy street, 27. Phone:0 (436) 223-23-32; fax: 0 (436) 223-49-66; e-mail: info@ndki.uz.

The doctoral dissertation has been registered at the Information Resource Centre of the Navoi State Mining Institute under No __ (Adress: 210100, Navoi, Janubiy street, 27. Phone:0 (436) 223-56-90; fax: 0 (436) 223-00-55.

The abstract of the dissertation is distributed on «__» _____ 2018.
Protocol at the register No _____ dated «__» _____ 2018).

B.R.Raimjanov
Chairman of the scientific council for
awarding the scientific degrees,
Doctor of Technical Sciences, Professor

Sh.Sh. Zairov
Scientific secretary of the scientific council for
awarding the scientific degrees, Doctor of
Technical Sciences, Associate Professor

Yu.D. Norov
Chairman of the scientific seminar under scientific
council for awarding the scientific degrees,
Doctor of Technical Sciences, Professor

INTRODUCTION (the dissertation abstract of (PhD) Doctor of Philosophy)

The aim of research work is the development of new technology of flotation of copper and copper-molybdenum ores in a non-lime medium the aim of increasing recovery of metal

The object of the research work is the process of flotation of copper and copper-molybdenum ore different deposits.

Scientific novelty of the research work is as follows:

a new principle for flotation of copper and copper-molybdenum ores in a non-lime medium, including the dosage of soda in the mill, treatment of the initial pulp with sodium fluorosilicate and neutralization of dissolved hydroxide compounds with sodium sulphide, was developed;

a potentiogram fixed with the aid of various electrode systems was made, which made it possible to quantify the value of the electrochemical parameters of the pulp during flotation of copper and copper-molybdenum ores, to reveal factors that adversely affect the technological process;

a new information space has been developed for the implementation of multisensory electrochemical systems, including electrode potentials: Ag_2S , Pt, Mo, Cd, EM, pH, expanding the possibilities for the development of new technologies for the flotation process;

The technique of technological audit of flotation process of copper and copper-molybdenum ores in the conditions of the limited information is developed with the help of harmonic decomposition of random functions and methodology of factor analysis.

Implementation of the research results. On the basis of research, development and implementation of a complex technology of copper, copper-molybdenum ore enrichment, which provides an increase in the extraction of valuable metals:

complexes to upgrade the surface of the minerals in the cycle of selection of copper and molybdenum are embedded in the technological regulations on design and development of technologies of processing of the batch of ore deposits «Kalmakyr» and «Yoshlik 2» (reference of JSC «Almalyk mining and metallurgical combine» №BX-04171 from April 10, 2018). As a result, there are opportunities to improve the efficiency and intensification of the separation process of copper-molybdenum ores, as well as to increase the extraction of metals in the same concentrates;

the technology of increasing the efficiency of separation of copper and molybdenum minerals is used in JSC «Almalyk mining and metallurgical combine» (reference of JSC «Almalyk mining and metallurgical combine» №BX-04171 from April 10, 2018). As a result, it is possible to stabilize the quality of commercial molybdenum concentrate and obtain economic effect by producing additional copper 15-20 tons per year.

The structure and volume of the thesis. The structure of the dissertation consists of an introduction, four chapters, conclusion, a list of used literature and applications. The volume of thesis is 117 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть, part I)

1. Арустамян А.М., Арустамян К.М. Совершенствование технологии обогащения медно-молибденовых руд Каджаранского месторождения // Горный журнал. – Москва, 2010. – №10. – С. 44-47 (05.00.00; №28).

2. Акопян М.А., Маркарян А.В., Безирганян К.В., Арустамян М.А., Арустамян А.М. Увеличение объемов производства на обогатительной фабрике ЗАО «Зангезурский ММК» // Горный журнал. – Москва, 2012. – №11. – С. 87-90(05.00.00; №28).

3. Арустамян К.М., Романенко С.А., Арустамян А.М. Применение потенциограмм для оценки технологических свойств руд на примере медных месторождений Жезказгана // Горный журнал. – Москва, 2016. – №11. – С. 65-70 (05.00.00; №28).

4. Арустамян А. М., Арустамян К. М., Акопян М.А., Маркарян А.В., Безирганян К.В. Результаты второго этапа технического перевооружения обогатительной фабрики Зангезурского ММК // Горный журнал. –Москва, 2014. – №11. – С. 110-112 (05.00.00; №28).

5. Арустамян А.М. Анализ зарубежной практики и СНГ при переработке медных и медно-молибденовых руд // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2016. –№4. –С. 28-32 (05.00.00; №7).

6. Арустамян А.М. Совершенствование принципов технологического аудита на основе методологии нейросетевого моделирования // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2016. – №3. – С. 22-27 (05.00.00; №7).

7. Арустамян А.М., Санакулов К.С. Анализ технологических показателей флотации медных руд месторождения Акбастау с помощью методологии гармонического разложения случайных функций // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2016. – №4. –С. 3-7 (05.00.00; №7).

8. Полосков М.Г., Арустамян М.А., Назаров Ю. П., Арустамян А.М. Повышение эффективности селекции медных и молибденовых минералов // Горный журнал. – Москва, 2016. №11. – С. 36-39 (05.00.00; №28).

9. Зимин А.В., Назаров Ю.П., Арустамян А.М. Инновационные подходы к реконструкции обогатительных фабрик, перерабатывающих медно-молибденовые руды // Горный журнал. – Москва, 2016. – №11. – С. 98-102 (05.00.00; №28).

10. Арустамян А.М., Санакулов К.С. Математическая модель цикла медной флотации при переработке медных руд месторождения Акбастау на Карагайлинской обогатительной фабрике // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2017. – №1. – С. 13-18 (05.00.00; №7).

11. Арустамян А.М., Санакулов К.С. Гармоническое разложение случайных функции для исследования флотационных процессов // Горный журнал. – Москва, 2017. – №10. – С. 33-40 (05.00.00; №28).

12. Санакулов К.С., Арустамян А.М., Назаров Ю.П. Комплектование машинопарка обогатительных фабрик, перерабатывающих медно-молибденовые руды, на примере Алмалыкского ГМК // Цветные металлы. Специальный выпуск. – Москва, 2017. – С.22-27. (05.00.00; №91).

II бۆлим (II часть, part II)

13. Назаров Ю.П., Арустамян А.М. Разработка и внедрение новой технологии обогащения медно-молибденовых руд месторождения «Эрдэнэтийн Овоо» (Монголия) // Материалы международной научно-практической конференции «РИВС». – Санкт-Петербург, 2006.– С.14-16

14. Арустамян А.М. Результаты технического перевооружения обогатительной фабрики Зангезурского ММК (Армения) // Материалы международной научно-практической конференции «РИВС». – Санкт-Петербург, 2014. – С. 26-27.

15. Арустамян А.М., Арустамян К.М. Реализация проекта по строительству нового отделения молибденовой флотации на предприятии Carmen Copper Corporation (Филиппины) // Материалы международной научно-практической конференции «РИВС». – Санкт-Петербург, 2014. – С. 19.

16. Зимин А.В., Полянский М.В., Арустамян А.М. Отечественное оборудование и технологии – гарантия ресурсной безопасности страны // Материалы научно-практического семинара на тему: «Технологическая независимость в горном деле». – Москва: НИТУ МИСиС, 2015. С. 43-45

17. Арустамян А.М. Результаты технического перевооружения обогатительной фабрики ЗАО «ЗММК» (Армения) // Материалы международной научно-практической конференции «РИВС». – Санкт-Петербург, 2014. – С. 20.

Автореферат «Ўзбекистон кончилик хабарномаси» журналидан таҳрирдан ўтказилди.

Бичими 60x84^{1/16}. Рақамли босма усули. Times гарнитураси.
Шартли босма табағи: 2,5. Адади 100. Буюртма № 24.

«ЎзР Фанлар Академияси Асосий кутубхонаси» босмахонасида чоп этилган.
Босмахона манзили: 100170, Тошкент ш., Зиёлилар кўчаси, 13-уй.

