

**УМУМИЙ ВА НООРГАНИК КИМЁ ИНСТИТУТИ
ХУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.02/30.12.2019.К/Т.35.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ

МАХМАЁРОВ ЖАСУР БОЗОРОВИЧ

**МАҲАЛЛИЙ ХОМАШЁ МАНБАЛАРИ АСОСИДА РУХ СУЛЬФАТ
ОЛИШ ТЕХНОЛОГИЯСИНИ ЯРАТИШ**

02.00.13-Ноорганик моддалар ва улар асосидаги материаллар технологияси

**ТЕХНИКА ФАНЛАРИ ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

Тошкент – 2023

Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси автореферати мундарижаси
Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)
Contents of dissertation abstract of doctor philosophy (PhD)

Махмаёров Жасур Бозорович

Маҳаллий хомашё манбалари асосида рух сульфат олиш
технологиясини яратиш.....3

Махмаёров Жасур Бозорович

Разработка технологии получения сульфата цинка на
основе местных сырьевых источников.....21

Makhmayorov Jasur Bozorovich

Development of technology for the production of zinc
sulfate based on local raw materials.....39

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ

List of published works.....42

**УМУМИЙ ВА НООРГАНИК КИМЁ ИНСТИТУТИ
ХУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.02/30.12.2019.К/Т.35.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ

МАХМАЁРОВ ЖАСУР БОЗОРОВИЧ

**МАҲАЛЛИЙ ХОМАШЁ МАНБАЛАРИ АСОСИДА РУХ СУЛЬФАТ
ОЛИШ ТЕХНОЛОГИЯСИНИ ЯРАТИШ**

02.00.13-Ноорганик моддалар ва улар асосидаги материаллар технологияси

**ТЕХНИКА ФАНЛАРИ ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

Тошкент – 2023

Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Олий таълим, фан ва инновациялар вазирлиги ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2021.1.PhD/Т2051 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Тошкент кимё-технология институтида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (Ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб-саҳифасида (www.ionx.uz) ва «ZiyoNet» ахборот таълим порталида (www.ziynet.uz) жойлаштирилган.

Илмий раҳбар:

Самадий Муроджон Абдусалимзода
техника фанлари фалсафа доктори (PhD), доцент

Расмий оппонентлар:

Сейтгазаров Атаназар Рейшазарович
техника фанлари доктори, профессор

Тураев Зокиржон
техника фанлари доктори, доцент

Етакчи ташкилот:

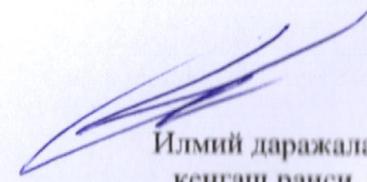
**Навоий давлат кончилиқ ва
технологиялар университети**

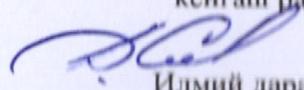
Диссертация ҳимояси Умумий ва ноорганик кимё институти ҳузуридаги илмий даражалар берувчи DSc.02/30.12.2019.К/Т.35.01 рақамли Илмий кенгашнинг « 05 » май 2023 йил соат 15⁰⁰ даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100170, Тошкент шаҳри, Мирзо Улуғбек кўчаси, 77-а. Тел.: (+99871) 262-56-60; факс: (+99871) 262-79-90, e-mail: ionxanruz@mail.ru).

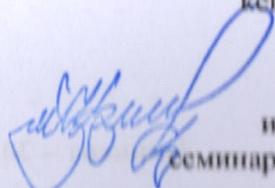
Диссертация билан Умумий ва ноорганик кимё институтининг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (34 -рақам билан рўйхатга олинган). Манзил: 100170, Тошкент шаҳри, Мирзо Улуғбек кўчаси, 77-а. Тел.: (99871) 262-56-60).

Диссертация автореферати 2023 йил « 20 » апрел куни тарқатилди.
(2023 йил « 20 » апрел № 34 - рақамли реестр баённомаси).




Б.С. Закиров
Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш раиси, к.ф.д., профессор


Д.С. Салиханова
Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш котиби, т.ф.д., профессор


Ш.С. Намазов
Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш қошидаги илмий семинар раиси, т.ф.д., проф., академик

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Дунёда илм-фан ва нанотехнологиялар ривожланиши билан рангли металлларнинг турли соф бирикмаларига, хусусан, рух сульфатига эҳтиёж ортиб бормоқда. Олий навли рух сульфат электролиз қилиш йўли билан рух олишда асосий хом ашё бўлиб, у қишлоқ хўжалигида микроўғит сифатида, бўёқ, қоғоз, чарм ва бошқа маҳсулотларни ишлаб чиқаришда қўлланилади. Бу маҳсулотларга бўлган эҳтиёжини қондириш устувор вазифа ҳисобланади. Шу муносабат билан, руданинг асосий таркибий улушларини ажратиш ва рух сульфат олишни мақбул қайта ишлаш технологиясини ишлаб чиқиш муҳим аҳамиятга эга.

Дунёда полиметал рудаларни қайта ишлаш ва хомашё таркибий улушлари – рух, мис, кўрғошин, кадмий, қимматбаҳо ва нодир металлларни ажратишнинг оқилона технологиясини ишлаб чиқиш бўйича изланишлар олиб борилмоқда. Бу борада рух сақловчи маҳаллий полиметал рудалардан рух сульфат олиш технологиясини ишлаб чиқиш ва қатор илмий-техникавий ечимларни, жумладан, қуйидаги йўналишларда асослаб бериш муҳим вазифа ҳисобланади: рухни сульфат кислота эритмаларида ажратиб олиш учун максимал шароит яратиш; рух сульфат эритмаларини турли метал аралашмаларидан чуқур тозалаш; полиметал рудалар ва рух концентратларини рух сульфатга қайта ишлаш технологиясини ишлаб чиқиш; ишлаб чиқаришнинг алоҳида босқичларини такомиллаштириш ва интенсивлаштириш, рух сульфат ишлаб чиқаришнинг технологик циклида олинган эритмалар ва қуйқаларнинг реологик хусусиятларини аниқлаш лозим.

Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида маҳаллий саноатни сифат жиҳатидан янги босқичга кўтариш, маҳаллий хомашёни чуқур қайта ишлаш асосида тайёр маҳсулот ишлаб чиқаришни янада жадаллаштириш, янги турдаги маҳсулотлар ишлаб чиқариш бўйича назарий ва амалий натижалар олиш бўйича муайян натижаларга эришилмоқда. Бу борада рух сақловчи полиметал рудаларни конлардан қазиб олиш ва уларни бойитиш, жумладан рух сульфат концентратларини қайта ишлаш қувватларини янада ошириш, мамлакатимиз учун зарур бўлган рух сақловчи маҳсулотларга бўлган эҳтиёжини таъминлашга йўналтирилган илмий-тадқиқотлар муҳим аҳамият касб этади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2021 йил 25 июндаги №ПҚ-5159-сон «Кон-металлургия саноати ва унга боғлиқ соҳаларни ривожлантириш бўйича қўшимча чора-тадбирлар тўғрисида», 2020 йил 15 майдаги №ПҚ-4715 «Тошкент вилоятида саноат ишлаб чиқариш ҳажмларини янада кенгайтириш чора-тадбирлари тўғрисида», 2020 йил 26 майдаги №ПҚ-4731-сон «Олмалиқ КМК» АЖ конлари негизида рангли ва қимматбаҳо металллар ишлаб чиқаришни кенгайтиришга доир қўшимча чора-тадбирлар тўғрисида»ги Қарорлари ва 2022 йил 28 январдаги №ПФ-60-сон «2022-2026 йилларга мўлжалланган янги Ўзбекистоннинг тараққиёт стратегияси тўғрисида»ги Фармони ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-

ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожлантириши устувор йўналишларига мослиги. Мазкур тадқиқот республикада фан ва техникани ривожлантиришнинг VII–“Кимёвий технологиялар ва нанотехнологиялар” устувор йўналишига мувофиқ амалга оширилди.

Муаммонинг ўрганганлик даражаси. Илмий-техник адабиётларда таркибида рухни ўз ичига олган турли хилдаги хом ашё манбаларидан рух, рух сульфат ва бошқа бирикмаларга қайта ишлаш усуллари ва илмий материаллар катта ҳажмда мавжуд.

Полиметал рудаларини қайта ишлаш билан Поляк М.А., Лисичкин И.Н., Королев В.С., Каганович Ю.Я., Jahangiri Ali Reza, Fosnachtet D. R., Van Der Pas V., Li Mi, Pan Cen-xuan, Тўраев З., Усманов И.И., Самадий М.А., Росилов М.С. ва бошқалар шуғулланишган. Улар томонида кимё саноати, тиббиёт, биотехнология, микробиология, озик-овқат саноати, қадоқлаш ва бошқа соҳаларда қўлланиладиган турли хил хом ашёлардан рух тузлари олиш усуллари ишлаб чиқилди. Жумладан, арзон рух бирикмаларини синтез қилиш, экстракция жараёнининг хавфсизлиги, уларни турли йўналишларда қўллашда юқори самарадорлик, тиббиётда қўлланганда рух бирикмаларининг инсон саломатлиги, атроф-муҳитга таъсири ва нанотехнология каби йўналишларда илмий-тадқиқот ишлари олиб борилмоқда. Полиметал рудалари конлари ноёб бўлиб, улар бир-биридан кескин фарқ қилувчи таркибга эга бўлишади, бу хомашёларнинг ҳар бир тури учун алоҳида илмий-технологик ёндашувларни, қайта ишлашнинг иқтисодий жиҳатдан асосланган усуллари талаб қилади.

Тадқиқотнинг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Тошкент кимё-технология институти Янгиер филиалининг илмий-тадқиқот ишлари режасига мувофиқ АЛ-59-21122092 Ўзбек-Хитой –“Орол денгизи шўр кўли суюқ литийли манбасидан элаксимон структурали ионли шпинел ёрдамида литийни экологик тоза ва самарали қайта ишлаш технологияси асослари” мавзусидаги халқаро амалий лойихаси доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади Хондиза конининг рух сақловчи рудаларидан рух сульфат олиш технологиясини ишлаб чиқишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

Хондиза конининг рух сақловчи рудаларининг кимёвий ва минералогик таркибини ўрганиш;

рух концентратининг сульфат кислотали парчаланиш жараёнини тадқиқ қилиш;

концентратнинг сульфат кислотали парчаланиш жараёнининг кинетик хусусиятларини ўрганиш;

рух концентратининг дастлабки куйдириш концентратнинг фракцион, кимёвий таркиби ва технологик параметрларига таъсирини тадқиқ қилиш;

рух сулфат ишлаб чиқаришнинг технологик циклида олинган эритмалар ва куйқаларнинг реологик хусусиятларини ўрганиш;

рух сулфат эритмаларини аралашмалардан тозалаш жараёнини тадқиқ қилиш;

рух сулфат ишлаб чиқаришнинг оптимал технологик параметрларини аниқлаш;

рух концентратини рух сулфатга қайта ишлаш мақсадга мувофиқлиги бўйича техник-иқтисодий ҳисобларни амалга ошириш, моддий баланс, технологик схемаларни ишлаб чиқиш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида Хандиза кони рух сақловчи концентрати, рух сақловчи чиқиндилар, рух чанги, аммиак ва сулфат кислотаси олинган.

Тадқиқотнинг предмети рух сақловчи рудаларнинг кислотали парчаланиши, рух сулфат эритмасини аралашмалардан тозалаш ва рух сулфат ишлаб чиқариш жараёнлари ташкил этган.

Тадқиқот усуллари. Диссертация ишида замонавий физик-кимёвий (кимёвий, рентгенофлуорисцент, рентген, атом-абсорбцион, ИҚ-спектроскопик, сканерловчи электрон микроскопия, хромато-масс-спектрометрик) таҳлил, шунингдек олинган маълумотларни қайта ишлашнинг статистик усулларида фойдаланилган.

Диссертация тадқиқотининг илмий янгилиги куйидагилардан иборат:

юқори босимли автоклав ёрдамида Хандиза конидан рух сулфат учун рух сақловчи концентратни сулфат кислотали қайта ишлаш технологияси ишлаб чиқилган;

оксидлаш мақсадида 800-900 °С ҳароратда концентратни дастлабки куйдириш, парчалаш жараёнида эритмада кўрғошин, молибден ва бошқа метал аралашмаларини ҳосил бўлиши камайтириши аниқланган;

рух концентратини сулфат кислота билан парчалаш ва эритмаларни тозалаш натижасида олинган эритмалар ва куйқаларнинг физик-кимёвий хоссалари аниқланган;

рух концентратини сулфат кислота билан парчалаш ва олинган рух сулфат эритмаларини тозалаш жараёнининг оптимал технологик схемаси ва дастгоҳлари занжир схемаси яратилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари куйидагилардан иборат:

Хандиза конининг рух концентратини маҳаллий хомашё манбаи сифатида рух сулфат ишлаб чиқаришга жалб этиш имконияти яратилган;

рух концентратини рух сулфатига қайта ишлашнинг илмий асосланган самарали технологияси ишлаб чиқилган;

рухни сулфат кислота билан ишқорсизлантириб ювишда рух концентратини олдиндан юқори ҳароратда тоблаш зарурлиги асослаб берилган.

Тадқиқот натижасининг ишончилиги. Тадқиқот натижаларининг ишончилиги етарли даражада ўтказилган лаборатория ва ярим-саноат

тажрибалари, ишлаб чиқилган рух концентратини сульфат кислотаси билан конверсияси ва ажратиб олинган рух сульфати эритмасини тозалаш жараёни оптимал режимларини қўллаш орқали асосий компонентни ажратиб олиш даражасининг ошиши ва ишнинг асосий ғоясини миқдор жиҳатидан тасдиқлайди ва қониқарли мос келадиган натижалар асосида, конверсия даражасининг ошганлигини ва олинган рух сульфатининг тозалик даражасини ошганлигини тасдиқловчи аналитиик кимёвий, минералогик рентген-фазавий таҳлил маълумотномаси, салмоқли ижобий натижалар, шунингдек ижобий лаборатория ва саноат-тажриба синовлари далолатномалари билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти шундаки, у Хондиза рух концентратининг мамлакатимиз иқтисодиёти учун импорт ўрнини босувчи муҳим кимёвий маҳсулот – рух сульфат ишлаб чиқаришга жалб этиш билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти рух концентратини рух сульфатига қайта ишлаш технологиясини ишлаб чиқиш ва республиканинг ушбу маҳсулотга бўлган эҳтиёжини қондиришга хизмат қилади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Хондиза конидан рух концентратини рух сульфатга қайта ишлаш технологиясини ишлаб чиқиш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

Хондиза конидан олинган рух концентратини сульфат кислотали қайта ишлаш технологияси “Махсусэнергогаз” АЖнинг “2024-2027 йилларда амалиётга жорий этиш бўйича истиқболли ишланмалар рўйхати”га киритилган (“Махсусэнергогаз” АЖнинг 2022-йил 26

апрелдаги 47/553-сон маълумотномаси). Натижада, ГОСТ талабларига жавоб берадиган рух сульфат олиш имконини беради;

рух концентратидан рух сульфат ишлаб чиқариш технологияси “Ўзбекнефтегаз” АЖда амалиётга жорий этилган (“Ўзбекнефтегаз” АЖнинг 2023 йил 10 апрелдаги 08-36-1-400-сон маълумотномаси). Натижада, республикада илк бора асосий модданинг камида 97.7 фоизини ташкил этувчи сифатли рух сульфати олиш имконини берган.

Тадқиқот натижаларини апробацияси. Тадқиқот натижалари 2 та халқаро ва 7 та республика миқёсидаги илмий-амалий анжуманларида муҳокамадан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларини эълон қилиниши. Диссертация мавзуси бўйича жами 14 та илмий ишлар чоп этилган, шулардан, Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг докторлик диссертацияларининг асосий илмий натижаларини чоп этиш учун тавсия этилган илмий нашрларда 7 та илмий мақола, жумладан 2 та республика ва 5 та хорижий журналларда чоп этилган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация иши кириш, тўртта боб, хулосалар, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 107 бетдан иборат.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш улушида диссертация ишининг долзарблиги ва зарурати асослаб берилган, тадқиқотнинг мақсади, вазифалари шакллантирилган, тадқиқот объектлари ва предмети аниқлаб олинган, диссертациянинг Республика фан ва технологиялар ривожланишининг устувор йўналишларига мувофиқ келиши кўрсатилган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари баён этилган, диссертациянинг тузилиши ва чоп этирилган ишлар бўйича қисқача маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг **“Таркибида рух бўлган хом ашё ва унинг чиқиндиларини қайта ишлашнинг замонавий ҳолати”** деб номланган биринчи боби адабиётлар шарҳи бўлиб, бунда рух сульфати, уни қўлланилиш соҳалари, талаб ва ишлаб чиқариш кўлами ҳақида маълумотлар берилган, тадқиқот материаллари ва усуллари танқидий кўриб чиқилади. Рух сульфат ишлаб чиқариш учун рух сульфат эритмаларини метал аралашмаларидан тозалаш бўйича ишлар батафсил ёритилган. Адабий материални таҳлил қилиш асосида тадқиқотнинг мақсади ва вазифалари шакллантирилган.

Диссертациянинг **“Бирламчи, оралик ва якуний маҳсулотларнинг характеристикаси”** деб номланган иккинчи боби тадқиқот объектлари, тажриба ўтказиш усуллари, кимёвий таҳлил усуллари ва тадқиқотнинг физик-кимёвий усулларига бағишланган.

Диссертациянинг **“Таркибида рух бўлган хомашёдан рух сульфат олиш жараёнларини тадқиқ этиш”** деб номланган учинчи боби Хондиза конидан рух концентратини автоклавда сульфат кислота билан парчалаш йўли билан рух сульфатга қайта ишлаш бўйича тадқиқотларга бағишланган.

Тажрибалар ўтказиш учун Хондиза конидан қуйидаги кимёвий таркибга эга рухли концентрат (масс. %): Zn-45,15-45,45, Si-12,90-13,30, Mn-0,10, Fe-1,57-1,64, Mo-0,031-0,033, Pb-3,01-3,05 ва концентрацияси 92,5% бўлган техник сульфат кислота ишлатилган.

Кимёвий таркиби таҳлили, Хондиза конининг рудалари мураккаб таркибга эга эканлигини кўрсатди. Кўпгина элементлар сульфидли бирикма ҳолатда изоморф аралашма шаклида бўлади. Барча турли кўринишли колчеданли рудаларга нисбатан пирит (60 дан 90% гача бўлган таркиб ўзгариши билан), сфалерит, галенит ва халкопирит 5-7% (гача бўлган таркиб ўзгариши билан) устунлик қилади. Норуда минераллар 55% гача серицит, 30% гача кварц, 8% гача хлоридлар ва карбонатлар билан ифодаланади. Бу турдаги рудаларда Pb нинг миқдори камдан-кам ҳолларда 1-3%, Zn - 3-5%, Cu - 0,25% дан ошади.

Руданинг асосий элементлари, спектрал таҳлил натижаларига кўра, кремний, рух, алюминий, темир, мисдир. Натрий, калий ва магнийнинг таркиби 1% дан 3% гача. Қолган элементлар фоизнинг ўндан ва юздан бир улушини ташкил этади.

Рух рудасининг рентгенофлуорисцент таҳлил спектрал таҳлил натижаларини тасдиқлади, унга кўра руда таркибида кремний, рух, темир, мис таркибидаги маълумотларини тасдиқлади. Калий ва калций миқдори

бўйича олинган натижалар бироз юқорироқ ва калий учун 3% дан ортиқ ва калций учун тахминан 1% ни ташкил қилади.

Рух рудасининг рентгенограммасида рух ва темирнинг сульфидлари ва сульфатларига, кремний оксидларига, кўрғошин карбонат ва цианидга, шунингдек, рух цинкастатига тегишли дифференциал максималлар мавжуд.

1-жадвалда Хондиза конидан олинган рух концентратининг рентгенофлуорисцент таҳлилининг натижалари келтирилган. Олинган натижалар, рух концентрати таркибидаги алюминий, темир силикатларининг миқдорини камайиши ва рух, мис концентратининг миқдорини ортишини кўрсатади. Мис таркибининг бироз сезиларсиз миқдорда ошиши билан рух миқдори 45% гача ортади.

Концентратнинг рентгенофлуорисцент таҳлили натижалари силикатларнинг миқдорини камайиши бўйича спектрал таҳлил натижалаларини тасдиқлайди, шунингдек, спектрал таҳлилдан фарқли ўлароқ, мис бирикмаларининг миқдорини камайишини кўрсатади.

Рух концентратининг рентгенограммасида рух ва темир сульфидлари, рух кремнефторид ва кремний оксиди билан боғлиқ дифференциал максимумлар мавжуд.

1-жадвал

Хондиза конидан олинган рух концентратининг рентгенофлуорисцент спектроскопик таҳлили натижалари

№ намуна	Zn,%	Si,%	K,%	Ca,%	Ti,%	Mn,%	Fe,%	Co,%	Cu,%	Mo,%	Cd,%	Pb,%
1	45,30	12,90	0,94	0,55	<0,01	<0,01	1,64	<0,01	0,81	0,032	0,40	3,03
2	45,45	13,10	0,94	0,58	<0,01	<0,01	1,61	<0,01	0,79	0,031	0,41	3,04
3	45,15	13,25	0,95	0,57	<0,01	<0,01	1,59	<0,01	0,77	0,033	0,39	3,01
4	45,35	13,30	0,95	0,56	<0,01	<0,01	1,57	<0,01	0,79	0,032	0,40	3,05

ИК спектрлари циянид гуруҳлари билан боғлиқ бўлган $2092,209 \text{ см}^{-1}$ да ютилиш зоналарини кўрсатади. $1648,590 \text{ см}^{-1}$ даги ютилиш чизиқлари тиосульфатларга тегишли. $1030,926 \text{ см}^{-1}$ даги ютилиш чизиқлари силикат гуруҳларига, $878,510$; $803,727$; $675,485 \text{ см}^{-1}$ ютилиш зоналари эса сульфат ва карбонат гуруҳларига тегишли. Минерал объектнинг кристал тузилишидаги молекулалараро ўзаро таъсирлар туфайли ютилиш зоналари кенгайтирилган тузилишга эга.

1:0,8 дан 1:1,5 гача бўлган $\text{Zn:H}_2\text{SO}_4$ нисбатининг суюқ ва қаттиқ фазаларнинг кимёвий таркибига таъсири 30% ли сульфат кислота ёрдамида ўрганилди ва жараённинг давомийлиги 90 минут эканлиги аниқланди. Олинган маълумотлар 2-жадвалда келтирилган. $\text{Zn:H}_2\text{SO}_4$ нинг стохиометрик нисбати 1:0,8 дан 1:1,5 гача бўлиши билан суюқ фазадаги барча компонентларнинг миқдорий таркиби камаяди. Шундай қилиб, қолган компонентлар учун рух миқдори 15,07% дан 11,12% гача, Са 0,184% дан 0,141% гача, темир 0,55% дан 0,42% гача камаяди. Шу билан бирга, сульфат ионининг миқдори 25,46% дан 26,41% гача, сульфат кислота миқдори сезиларсиз миқдорда, яъни 2,89% дан 4,08% гача ортади, рухни ажратиб олиш даражаси 51,15% дан 61,00% гача ошади. Қаттиқ фаза кремний билан

бойитилган. 1:0,8 нисбатда Si миқдори 26,06% бўлиб, 1:1,5 нисбатда эса 35,50% га этади. Қаттиқ фаза таркибидаги қолган компонентлар, шу жумладан сульфат иони миқдори монотон равишда камаяди.

C:Қ нисбатининг 1,5:1 дан 7,08:1 гача ортиши билан суёқ фазанинг таркиби сезиларли даражада ўзгаради. Шундай қилиб, рух миқдори 18,07% дан 5,97% гача, калций 0,22% дан 0,072% гача, сульфат 40,67% дан 8,53% гача камаяди.

Рух сульфат эритмасини олиш учун оптимал шароити Қ:С = 1:2,36 нисбати ҳисобланади. Бунда эритма 14,88% рух ва 18,31% сульфат ионини ўз ичига олади, бу 36,85% рух сульфат концентрациясига тўғри келади.

2-жадвал

30% H₂SO₄ концентрациясида рух сульфат ишлаб чиқариш жараёнининг суёқ ва қаттиқ фазаларининг кимёвий таркибига Zn:H₂SO₄ нисбатининг таъсири, жараённинг давомийлиги 90 минут

№	Zn:H ₂ SO ₄	Суёқ фазанинг кимёвий таркиби, % масс										Эркин H ₂ SO ₄	Zn ни эритмага ўтиш даражаси, %
		Zn	Ca	Fe	Cu	Cd	Pb	Co	Mo	SO ₄ ²⁻	H ₂ O		
1	1:0,8	15,17	0,184	0,55	0,270	0,134	1,015	0,0047	0,0150	25,46	55,56	2,89	51,15
2	1:1,0	15,07	0,182	0,54	0,267	0,132	1,008	0,0040	0,0128	25,78	56,36	2,98	53,60
3	1:1,05	14,88	0,180	0,53	0,260	0,130	0,995	0,0036	0,0114	25,95	57,04	3,04	55,10
4	1:1,2	13,40	0,170	0,51	0,246	0,121	0,930	0,0032	0,0100	26,10	58,00	3,31	56,70
5	1:1,3	12,11	0,158	0,47	0,231	0,112	0,864	0,0029	0,0091	26,25	59,30	3,70	58,60
6	1:1,4	11,26	0,147	0,44	0,217	0,108	0,814	0,0027	0,0086	26,39	60,61	4,06	60,70
7	1:1,5	11,12	0,141	0,42	0,210	0,107	0,811	0,0026	0,0085	26,41	60,73	4,08	61,00
№	Zn:H ₂ SO ₄	Қаттиқ фазанинг кимёвий таркиби, % масс											
		Si	Zn	Ca	Fe	Cu	Cd	Pb	K	Mo	SO ₄ ²⁻		
1	1:0,80	26,06	9,66	0,12	0,34	0,18	0,088	0,64	0,086	0,016	0,06		
2	1:1,00	26,20	9,40	0,11	0,33	0,17	0,085	0,63	0,084	0,015	0,062		
3	1:1,05	26,31	9,20	0,11	0,32	0,17	0,083	0,61	0,082	0,015	0,064		
4	1:1,20	27,00	8,30	0,10	0,30	0,16	0,078	0,54	0,077	0,014	0,070		
5	1:1,30	30,05	7,50	0,09	0,27	0,14	0,071	0,49	0,068	0,012	0,077		
6	1:1,40	35,10	6,90	0,08	0,25	0,13	0,063	0,46	0,062	0,011	0,084		
7	1:1,50	35,50	6,60	0,07	0,24	0,12	0,061	0,45	0,061	0,010	0,086		

Рух концентратининг сульфат кислота билан парчаланиши жараёнининг кинетик хусусиятларини аниқлаш учун Zn:H₂SO₄ = 1:1,05 нисбатда, 338, 343 ва 348 К ҳароратларнинг таъсирини ўрганиш, автоклав 10 Атм босимида тадқиқотлар олиб борилди.

3-жадвалда концентратдан олинган рухнинг 90 минут давом этган жараёнда сульфат кислота билан ўзаро таъсири реакциясининг тезлик константасига ҳароратнинг таъсири ҳақидаги маълумотлар келтирилган.

Жадвалдан кўриниб турибдики, ҳарорат ошиши билан рух концентратининг сульфат кислота билан ўзаро таъсири реакциясининг тезлик константаси ҳам ортади. Тезлик константасининг сакраши кинетик минтақада 338 К ҳароратда, сўнгра диффузия ҳудудида 348 К да кузатилади. Ҳарорат реакция тезлиги константасига амалда таъсир қилмайди.

1-расмда реакция тезлиги константаларининг ҳароратга боғлиқлиги кўрсатилган, бу тўғри чизик билан ифодаланади ва $1/T \cdot 10^3$ га ортиб бораётган қийматлар билан камаяди.

Сульфат ҳосил бўлиш реакциясининг ҳароратга боғлиқ тезлик константаси Аррениус тенгламасига бўйсунди ва эмпирик равишда қуйидаги формулалар билан ифодаланади:

$$K = 4,1721 \cdot [10]^{(-z)} \cdot \exp \left[\frac{4380,86}{T} \right] \text{ или } K = 4,1721 e^{\frac{-4380,86}{T}}$$

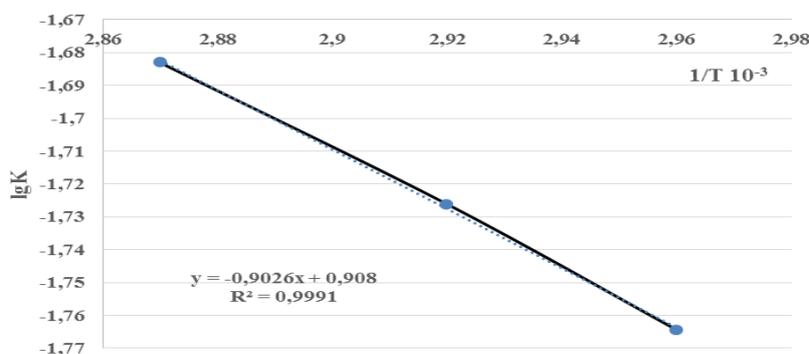
3-жадвал

Рухни сульфат кислота билан ўзаро таъсири реакциясининг тезлик константасига ҳарорат ва жараён давомийлигининг таъсири

Вақт (τ), мин.	Ҳарорат, К	Тезлик константаси, $K \cdot 10^{-2}, \tau^{-1}$	лгК	*лг(C ₀ – C _τ)
90	338	0,01720	-1,76448	1,10380
	343	0,01878	-1,72619	1,02119
	348	0,02074	-1,68309	0,91908
	Ўртача	0,01891	-1,72459	1,01469

Изоҳ: Таъсирлашув вақти 90 мин.

338-348 К оралиғидаги ҳароратга қараб, кўринадиган фаоллик энергиясининг қиймати Δ_a рух концентрати 4,06 ва 4,71 ккал/мол ёки 16,97 ва 19,72 кЖ/мол ва $\Delta_{a, \text{ўрт}}$ нинг ўртача қиймати мос равишда 4,39 ккал/мол ёки 18,34 кЖ/мол ташкил этади.



1-расм. Тезлик константасининг ҳароратга боғлиқлиги

Фаоллаштириш энергияси кўрсаткичлари рух концентратининг юқори реакцион қобилиятга эга эканлигига гувоҳлик беради.

Рухнинг сульфат кислота эритмасида ажралиш даражаси паст бўлганлиги сабабли, рух концентрати 400-1000 °С ҳарорат оралиғидаги ҳарорат билан термик ишлов берилди ва куйдириш жараёнининг давомийлиги 30-180 минут.

Рух миқдори 45% дан 47% гача, кремний 12,90% дан 13,30% гача, мис 0,79% дан 0,81% гача, кадмий 0,39% дан 0,41% гача ўзгаришда эканлиги аниқланди.

4-жадвалда рух концентратининг 900°С куйдириш ҳароратида ва 90 минутлик жараён давомийлигидаги фракцион кимёвий таркиби ҳақидаги маълумотлар келтирилган.

Жадвалдан кўриниб турибдики, Хондиза конининг тобланган рухли концентратининг асосий улуши -0,140 мм ни ташкил этади, бу фракция ҳажмининг пасайиши билан 45,45% бўлган Zn концентрат учун 0,2% дан 92,1% гача ва Si 13,10% гача ошади.

Рух миқдорининг ошиши концентрат таркибидаги кремний миқдорининг +0,90 мм фракциядаги 15,65% дан -0,140 мм фракциядаги 10,15 гача камайиши билан боғлиқ. Кремнийнинг асосий таркиби +0,90 мм дан +0,25 мм гача бўлган фракцияларда кузатилади.

2-расмда рух концентратининг дастлабки тобланишдаги ҳароратининг Zn:H₂SO₄=1:1,05 нисбатда рухни ажратиб олиш даражасига таъсири натижалари кўрсатилган, ҳарорат 75 °С. Автоклавда ишқорсизлантириш жараёнининг давомийлиги 90 минут.

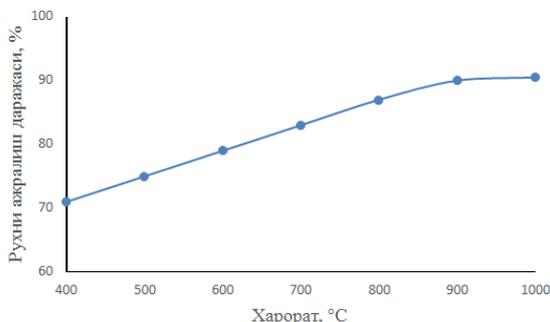
Рух концентратининг куйдириш ҳароратининг 400 °С дан 900 °С гача кўтарилиши сульфат кислота эритмасига рухни ажратиб олиш даражасини 71 дан 90% гача оширишга ёрдам беради. Ҳароратнинг янада оширилиши рухни ажратиб олиш даражасига таъсир қилмайди. Ўтказилган тажрибалар шуни кўрсатадики, оптимал куйдириш ҳарорати 900 °С дир.

4-жадвал

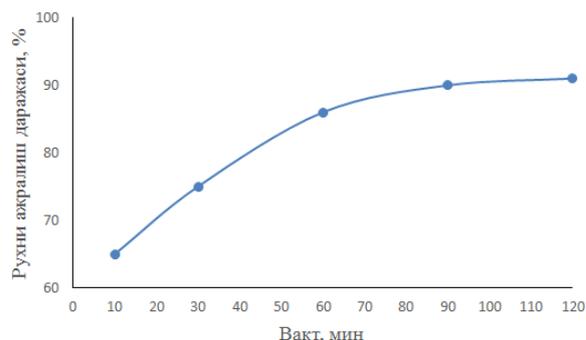
Хондиза конининг рух сақловчи концентратининг куйдирилгандан кейинги фракцион ва кимёвий таркиби

№ пп	Донадорлик ўлчами, мм	Фракция миқдори, %	Кимёвий таркиби, % масс.		
			Zn	Si	H ₂ O
Концентратдаги Zn ни миқдори 45,45 % ва Si 13,10%					
1	+0,90	0,2	45,05	15,65	0,47
2	-0,90 ÷ +0,65	0,3	45,14	14,81	0,48
3	-0,65 ÷ +0,50	0,5	45,31	14,11	0,47
4	-0,50 ÷ +0,25	1,2	45,39	13,25	0,49
5	-0,25 ÷ +0,165	2,1	45,54	12,47	0,51
6	-0,165 ÷ +0,140	3,6	45,67	11,28	0,48
7	-0,140	92,1	46,11	10,15	0,49

Куйдириш жараёнининг давомийлиги 10 дан 90 минутгача ошиши билан рухни ажратиб олиш даражаси 65 дан 90% гача ошади. Ҳароратнинг янада ошиши рухни сақловчи концентратдан рухни ажратиб олиш даражасига таъсир қилмайди. Ўтказилган тажрибалар шуни кўрсатадики, оптимал куйдириш вақти 90 минут (3-расм).



2-расм. Рух сақловчи концентратни дастлабки куйдиришни рухни ажратиб олиш даражасига таъсири



3-расм. Рух сақловчи концентратни куйдириш жараёнининг давомийлигини рухни ажратиб олиш даражасига таъсири

Хондиза конидан рух сақловчи концентрат фракциялари ҳажмининг камайиши билан қазиб олиш даражаси ошади ва -0,140 мм фракция учун 91,7% ни ташкил қилади. Заррачалар ҳажмининг 0,90 мм гача ошиши билан рухни ажратиб олиш даражаси 78,0% гача камаяди.

5-жадвалда Хондиза концентратининг дастлабки куйдириш ҳароратининг $Zn:H_2SO_4=1:1,05$ нисбатда, сульфат кислота концентрацияси 30% ва жараён давомийлиги 90 минут бўлган шароит таъсирига оид маълумотлар келтирилган. Тоблаш ҳароратини 400 дан 900 °C гача ошириш суюқ фазадаги рух миқдорини 11,52% дан 14,88% гача оширади ва ажратиб олиш даражасига деярли таъсир қилмайди. Тоблаш Pb, K, Mo таркибини камайтиради ва темир таркибини 0,30% дан 0,53% гача, калцийни 0,10% дан 0,18% гача, мисни 0,14% дан 0,26% гача, кадмийни 0,07% дан 0,13% гача оширади. Бундан ҳам муҳимроқ, калцинациялаш қаттиқ фаза таркибининг ўзгаришига таъсир қилади.

Ҳароратнинг ошиши калций, темир, мис, кадмий, қўрғошин, калий, молибден миқдорининг ўзгаришига ва кремний миқдорининг 13,14% дан 26,31% гача кўпайишига, рух миқдорининг 20,8 дан 9,2% гача пасайишига ёрдам беради. Бу ҳолда сульфат ионларининг таркиби 0,071% дан 0,064% гача камаяди.

Суюқ фазада мис, кадмий, сульфат ионлари кўп бўлганлиги сабабли, рух концентратини сульфат кислота билан қайта ишлаш босқичида рух чангини қўшимча киритиш орқали уларнинг суюқ фазадаги таркибини камайтириш бўйича тадқиқотлар олиб борилди.

6-жадвалда 900°C ҳароратда тобланган рух концентратини қайта ишлаш жараёнида суюқ фазанинг кимёвий таркибининг ўзгаришига Me:рух чанги (PЧ) нисбатининг таъсири, $Zn:H_2SO_4$ 1:0,8 дан 1:1,1 гача нисбати ва 30% сульфат кислота таъсири кўрсатилган.

6-жадвалдан кўриниб турибдики, рух чангининг улуши ортиши билан суюқ фазадаги мис миқдори РЧ кўшилмаганда 0,26% дан $Me:PC = 1:(1,05-1,1)$ нисбатида 0,0008% гача, кадмий 0,13% дан 0,0004% гача, SO_4^{2-} 26,39% дан 25,96% гача камаяди.

РЧ нинг киритилиши рух сулфат эритмасидаги темир таркибига деярли таъсир қилмайди.

5-жадвал

Рух сулфат олишда суюқ ва қаттиқ фазаларнинг кимёвий таркибига Хондиза конининг концентратини тоблаш жараёнининг таъсири

№	Тоблаш ҳарорати, °C	Суюқ фазаданинг кимёвий таркиби, % масс.										Zn ни эритмага ўтиш даражаси, %
		Zn	Ca	Fe	Cu	Cd	Pb	K	Mo	SO_4^{2-}	H ₂ O	
1	0	8,94	0,10	0,30	0,14	0,07	0,55	0,185	0,006	19,66	43,76	55,10
2	400	11,52	0,12	0,38	0,18	0,09	0,24	0,06	-	22,30	50,1	71,05
3	500	12,18	0,13	0,40	0,19	0,09	0,16	0,034	-	23,20	52,5	75,10
4	700	13,50	0,15	0,45	0,21	0,10	0,023	0,001	-	24,90	57,0	83,25
5	900	14,88	0,18	0,53	0,26	0,13	0,0006	0,0004	-	26,39	60,61	91,70
6	1000	14,88	0,18	0,53	0,26	0,13	0,0006	0,0004	-	26,39	60,61	91,75

№	Тоблаш ҳарорати, °C	Қаттиқ фазаданинг кимёвий таркиби, % масс.									
		Si	Zn	Ca	Fe	Cu	Cd	Pb	K	Mo	SO_4^{2-}
1	0	13,14	20,8	0,30	0,90	0,44	0,21	1,68	0,51	0,018	0,071
2	400	18,30	16,1	0,23	0,69	0,34	0,16	1,64	0,39	0,026	0,068
3	500	19,90	15,2	0,22	0,66	0,32	0,15	1,63	0,37	0,026	0,067
4	700	23,20	13,7	0,19	0,59	0,29	0,13	1,61	0,33	0,026	0,065
5	900	26,31	9,2	0,14	0,32	0,17	0,08	1,60	0,08	0,026	0,064
6	1000	26,31	9,2	0,14	0,32	0,17	0,08	1,60	0,08	0,026	0,064

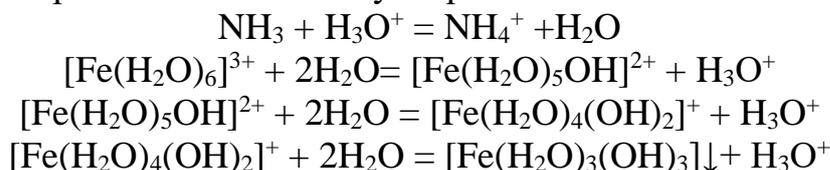
6-жадвал

Zn:H₂SO₄ ва Me:PC нисбатларининг суюқлик фаза таркибига таъсири

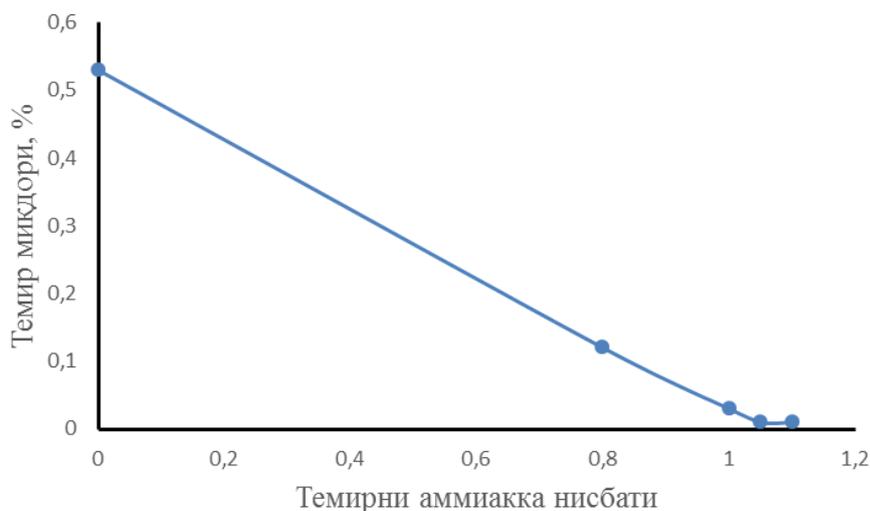
№	Me:PC	Суюқ фазанинг кимёвий таркиби, % масс				
		Zn	Cu	Cd	SO_4^{2-}	H ₂ O
1	1:0,0	14,88	0,26	0,13	26,39	60,61
2	1:0,8	14,88	0,19	0,07	26,24	59,50
3	1:1,0	14,88	0,10	0,001	26,10	58,30
4	1:1,05	14,88	0,0008	0,0004	25,96	57,03
5	1:1,1	14,88	0,0008	0,0004	25,96	57,03

Шунинг учун рух сульфат эритмалари темирдан аммиак ёрдамида тозаланди.

Бу усул протолитик мувозанатни ўнгга силжитиш орқали темир (III) гидроксид шаклида қиздирилганда суюлтирилган, кислоталанган эритмалардан темирни аммиак билан чўктиришга асосланган:



Темир гидроксиднинг чўктиришга ҳамма ионлар халақит беради, фосфат, ванадат, арсенат ва силикат ионлари каби темир (III) билан камроқ эрийдиган чўкма ҳосил қилувчи барча ионлар, шунингдек, темир (III) ни эрувчан комплексларга боғлайдиган моддалар: оксалат, фторид - ионлари, шакар, вино, лимон кислотаси, глицеринлар томонидан чўкишнинг олди олинади. Бундан ташқари, бу чўкма ривожланган сиртга эга бўлиб, кўп миқдордаги аралашмаларни, айниқса сульфат ионларини ва кобалт ионларини ўзлаштиради. Ионлар ҳам аниқлашга халақит бериб, масалан, Cr^{3+} , Al^{3+} , тетравалент титан ионлари аммиакда эримайдиган гидроксидларни ҳосил қилади.



4-расм. Рух сульфат эритмасидан темирни ажратиш олишда $\text{Fe}:\text{NH}_3$ нисбатининг таъсири

4-расмда 900 °C да тобланган $\text{Zn}:\text{H}_2\text{SO}_4 = 1:1,05$ нисбатдаги рух концентратидан олинган, сульфат кислотасининг 30% ли концентрацияси билан ва жараён давомийлиги 90 дақиқа бўлганда олинган рух сульфат эритмаларини темирдан тозалаш даражасига стехиометрик $\text{Fe}:\text{NH}_3$ нисбатининг таъсири кўрсатилган.

$\text{Fe}:\text{NH}_3$ нисбатининг 1:0,8 дан 1:1,1 гача ошиши эритмадаги темирнинг 0,53% дан 0,01% гача камайишига ёрдам беради. Бундай ҳолда, темирнинг чўкувчанлик даражаси 98,1% гача ошади. Бошқа компонентларнинг таркиби деярли ўзгармайди. Эркин кислотанинг таркиби 1:1/1:1 нисбатда амалда деярли учрамайди.

Суюқ фазани темирдан тозалаш жараёнининг оптимал шартлари $Fe:NH_3 = 1: 1,05$ нисбати ҳисобланади. Эритмани темирдан тозалаш даражаси 98,1% ни ташкил қилади ва унинг таркиби 0,01% дан ошмайди.

Қуйқаларнинг қовушқоқлиги ва зичлиги 20 дан 80 °С гача бўлган ҳароратда ва $Zn:H_2SO_4$ нисбати 1:0,6 дан 1:2,0 гача аниқланди. Олинган тадқиқот натижаларига кўра корреляция коэффиценти (R^2) бўлган эмпирик тенгламалар олинади. Тегишли коэффицентлар 0,9645 ва 1,000 оралиғида бўлиб, тажрибалардан олинган қийматлар белгиланган қийматларга мос келишини кўрсатади.

Сулфат кислота улушининг ортиши ва ҳароратнинг ошиши билан эритмаларнинг зичлиги пасаяди. Шундай қилиб, 20 °С да, $Zn:H_2SO_4 = 1:0,6$ нисбатда қуйқа зичлиги 2,338 г/см³, $Zn:H_2SO_4 = 1:2,0$ да 2,116 г/см³, бир хил нисбатда. $Zn:H_2SO_4$ ҳароратнинг ошиши қуйқа зичлиги қийматларининг пасайишига олиб келади. 1:1,1 нисбатда ва 20 дан 80 °С гача бўлган ҳароратда зичлик қийматлари 2,316 дан 2,291 г/см³ гача ўзгариб туради.

Худди шундай ҳолат қовушқоқликни ўрганишда ҳам кузатилади. Қуйқанинг 20°С да қовушқоқлиги $Zn:H_2SO_4 = 1:0,6$ нисбатда 8,51 мПа·с дан 20°С ҳароратда $Zn:H_2SO_4 = 1:2,0$ нисбатда 7,75 мПа·с гача камаяди. Бундан ташқари, доимий $Zn:H_2SO_4$ нисбатида, ҳароратнинг 20 дан 80 ° С гача кўтарилиши қовушқоқликнинг мос равишда 8,51 дан 3,64 гача ва 7,75 дан 2,99 мПа с гача пасайишига олиб келади. Тажрибалар шуни кўрсатадики, қуйқалар яхши реологик хусусиятларга эга ва етарли даражада транспортабеллик қобилиятига эга.

Филтратларнинг зичлиги конверсия вақтининг ошиши ва ҳароратнинг 10 дан 80°С гача кўтарилиши билан 2,406 дан 2,394 г/см³ гача ва 2,420 дан 2,308 г/см³ гача пасаяди, ўзаро таъсир қилиш вақти 10 дан 130 дақиқа гача.

Худди шундай, эритмаларнинг қовушқоқлиги ҳароратнинг 20 дан 80 °С гача кўтарилиши ва конверсия вақтининг 10 дан 130 минутгача ошиши билан мос равишда 8,59 мПа·с дан 3,49 гача ва 8,59 дан 8,33 мПа·с гача камаяди.

Рух сулфат қуйқалари мақбул реологик хусусиятларга эга ва улар жуда яхши транспортабеллик қобилиятига эга.

“Рух концентратини рух сулфатга қайта ишлашнинг технологик кўрсаткичлари” деб номланган тўртинчи боби рух концентратидан рух сулфатга қайта ишлашнинг технологик кўрсаткичларига бағишланган.

Рух концентратининг сулфат кислота билан парчаланиши ва рух сулфат эритмасини тозалаш босқичларининг суюқ ва қаттиқ фазаларини ажратиб олиш жараёнлари ўрганилган.

Рух концентратининг парчаланиш босқичи фазаларини аниқлаштириш биринчи 100-150 сонияда энг интенсив давом этиши ва кейин секинлашиши ва 350-400 сониядан кейин амалда ўзгармаслиги кўрсатилган. Чўкиш жараёнининг янада ошиши аниқлик даражасини бироз оширади. Шундай қилиб, 350 сониядан сўнг, аниқлик даражаси 45% ни, максимал аниқлик даражаси 800 сониядан кейин 47% ни ташкил қилади.

Филтрлаш тезлиги ҳақидаги маълумотлар шуни кўрсатдики, суспензия вакуум ва ҳарорат даражасидан қатъий назар, яхши филтрланади. Суспензия учун филтрлаш тезлиги 20-60 °С ҳарорат оралиғида 300 мм см. ус. да 167,35-189,16 кг/м²·соатни ташкил қилса, 500 мм см. ус. да эса камдан-кам ҳолларда 247,68-290,05 кг/м²·соатгача кўтарилади.

Колбадаги вакуумни 200 мм см. ус. дан 500 мм см. ус. га ошириш 20 °С ҳароратда қуйқа филтрлаш тезлигини 139,97 кг/м²·соат дан 247,68 кг/м²·соат гача оширади. 200 мм см. ус. камдан-кам ҳолларда ҳароратнинг 20 дан 60 °С гача кўтарилиши билан қуруқ қолдиқ филтрлаш тезлигини 58,09 кг/м²·соатдан 66,55 кг/м²·соатгача оширади, камдан-кам ҳолларда эса 500 мм см. ус. да филтрлаш тезлиги 102,79 кг/м²·соат дан 120,00 кг/м²·соат гача ошади.

300 мм см. ус. чўкинди қатлами баландлигининг филтрга таъсирини ўрганиш филтрлаш тезлигининг сезиларли даражада пасайишини кўрсатди. Шундай қилиб, чўкинди қатлами баландлиги 5 мм бўлса, 60 °С ҳароратда филтрлаш тезлиги қуйқа учун 166,57 кг/м²·соатни ташкил қилади ва чўкинди қатламининг баландлиги 15 мм бўлса, бу филтрлаш тезлигининг 134,90 кг/м²·соатгача пасайишига олиб келади. Бу ҳолда ҳароратнинг ошиши филтрлаш тезлигининг ошишига олиб келади.

Рух концентратидан олинган рух сульфатнинг физик-кимёвий хусусиятлари атрофлича ўрганилган. Кимёвий таҳлилга кўра, рух сульфат ГОСТ 8723-82 талабларига жавоб беради. Рентгенограмма, ИҚ-спектри, рентгенофлуорисцент таҳлилларидан олинган маълумотлар кимёвий таҳлил элементларининг таркиби ҳақидаги маълумотларни тасдиқлади.

Рух сульфатнинг элемент таҳлили қуйидаги элементларнинг таркибини кўрсатади: Zn-37,5%, O-42,6%, S-17,8%, C-2,1%, бу уларнинг рух сульфатидаги таркибига мос келади.

Рух концентратидан рух сульфат олишнинг технологик схемаси ишлаб чиқилиб, моддий баланси тузилди. Ишлаб чиқилган технология тажриба-саноат шароитида тажриба намуна партиясини ишлаб чиқариш билан синовдан ўтказилди.

Рух концентратини рух сульфатга қайта ишлаш жараёни қуйидаги босқичлардан иборат:

- рух концентратини 900 °С ҳароратда тоблаш;
- $t = 75$ °С ҳароратда юқори босимли автоклавда Хондиза конининг рух концентратининг сульфат кислотали парчаланиши;
- рух сульфат эритмасини ажратиш ва тегишли аралашмалардан тозалаш;
- техник рух сульфат олиш учун тозаланган рух сульфат эритмасини буғлаш;

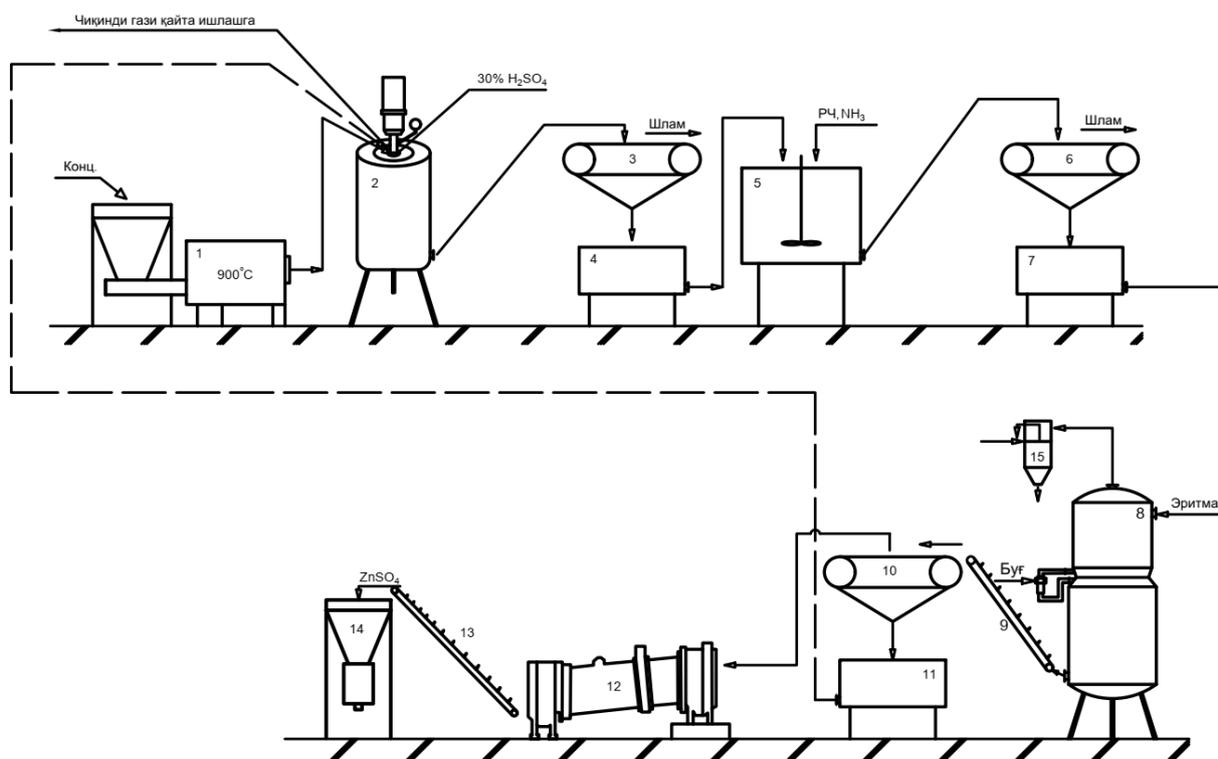
- тайёр маҳсулотни қадоқлаш ва сақлаш.

Рух сулфат учун рух сақловчи концентратларни қайта ишлашнинг технологик режимининг асосий кўрсаткичлари қуйидагилардир: 900°C да концентратнинг товланиши, моляр нисбати $\text{Zn}:\text{H}_2\text{SO}_4 = 1: 1,05$, $\text{K}:\text{C}=1: 2,36$, 75°C ҳароратда, 10 Атм. босим, автоклав реакторида туриш вақти 90 минут, қуйқа зичлиги $2,322\text{-}2,298 \text{ г/см}^3$.

Олинган маҳсулот қуйидаги сифат кўрсаткичлари билан тавсифланади (масс. %): $\text{Zn}_2\text{SO}_3\text{-}98,14$; $\text{Cl}\text{-}0,4$; $\text{F}\text{-}0,4$; э.к. (эримайдига қолдиқ) $\text{-}0,05$; $\text{Pb}\text{-}0,007$; $\text{Cd}\text{-}0,007$; $\text{Cu}\text{-}0,003$; $\text{Ni}\text{-}0,009$; $\text{Fe}\text{-}0,03$; $\text{Mn}\text{-}0,04$.

Синов даврида умумий қиймати 22 миллион 750 минг сўмдан ортиқ бўлган 1000 кг рух сулфат олинди.

Рух сақловчи концентратлардан техник рух сулфат олишнинг технологик схемаси 5-расмда келтирилган.



5-расм. Рух концентратини қайта ишлаб техник рух сулфат олиш тажриба қурилмасининг технологик схемаси:

1-товлан пачи, 2-автоклав реактори, 3;6;10-филтрлар, 4;7;11-сиғимли идишлар, 5- аралаштириш идиши, 8-вакуумли буғлаштиргич аппарати, 9;13-транспортёрлар, 12-барабанли курутгич, 14-қадоқлаш қурилмаси, 15-дистилляциятор.

Техник-иқтисодий ҳисоб-китоб ишлари таркибида рух тутган концентратдан рух сулфатига қайта ишлашнинг юқори самарадорлигини кўрсатди. 50 минг тонна рух сулфат ишлаб чиқаришдан олинган умумий иқтисодий самара 380,1 миллиард сўмни ташкил этишини кўрсатди.

ХУЛОСА

1. Хондиза конининг рухли концентратини 30% сулфат кислота билан парчаланиш жараёнлари ўрганилди ва рухнинг суюқ фазага ажралиш даражаси 61% дан ошмаслиги аниқланди.

2. Рух концентратини сулфат кислота билан парчаланиш жараёнининг кинетик тадқиқотлари биринчи навбатда давом этадиган жараённинг асосий кинетик параметрларини ўрнатди. Тезлик константасининг ҳароратга боғлиқлиги тўғри чизик билан ифодаланади, $1/T \cdot 10^3$ қийматлари ортиши билан камаяди ва Аррениус тенгламасига бўйсунди. 4,39 ккал/мол ёки 18,34 кЖ/мол фаоллашув энергияси кўрсаткичлари рух концентратининг юқори реакцион қобилиятга эга эканлигини кўрсатади.

3. Рухни сулфат кислота билан ажратиб олиш кўрсаткичлари бўйича рух концентратини дастлабки тоблаш жараёни ўрганилди, режимнинг оптимал технологик кўрсаткичлари Қ:С = 1:2,36, ҳарорат 75 °С, автоклавда парчалош жараёнининг давомийлиги 90 минутлиг аниқланди. Бунда рухнинг ажралиш даражаси 91,7% ни ташкил қилди.

4. Куйдирилган рух концентратининг фракцион ва кимёвий таркиби тадқиқ этилди. Хондиза конининг рух сақловчи концентратининг асосий улуши, фракцияси -0,140 мм ни ташкил этиши аниқланди, бу 45,45% Zn ва 13,10% Si таркибли фракция ўлчамининг пасайиши билан 0,2% дан 92,1% гача кўтарилади.

Рух микдорининг ошиши концентрат таркибидаги кремний микдорининг +0,90 мм фракциядаги 15,65% дан -0,140 мм фракциядаги 10,15 гача камайиши билан боғлиқ. Кремнийнинг асосий таркиби +0,90 мм дан +0,25 мм гача бўлган фракцияларда кузатилади.

5. Қуйқа ажратилгандан кейин, рух сулфат эритмаларини тозалаш бўйича олиб борилган тадқиқотлар мис аралашмаларини $8 \cdot 10^{-4}$ гача ва кадмийни $4 \cdot 10^{-4}$ гача камайтириш имконини берди. Бундай эритмаларни аммиак билан нейтраллаш темир таркибини 0,53% дан 0,01% гача ёки 98,1% гача камайтиради.

6. Рух концентратини техник рух сулфатга қайта ишлашнинг технологик схемаси ишлаб чиқилди, ишлаб чиқилган технология синовдан ўтказилди, маҳсулотларнинг тажриба партияси ишлаб чиқилди. Техник-иқтисодий ҳисоб-китоблар Хондиза конидан рух сақловчи концентратни сулфат кислотали қайта ишлаш орқали рух сулфат ишлаб чиқаришнинг юқори иқтисодий самарадорлигини кўрсатди. 1 тонна товар рух сулфат сотишдан олинадиган иқтисодий самара импорт маҳсулотга нисбатан 7602,31 минг сўмни ташкил этади.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.02/30.12.2019.К/Т.35.01 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ ИНСТИТУТЕ ОБЩЕЙ И
НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ**

ТАШКЕНТСКИЙ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

МАХМАЁРОВ ЖАСУР БОЗОРОВИЧ

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ СУЛЬФАТА
ЦИНКА НА ОСНОВЕ МЕСТНЫХ СЫРЬЕВЫХ ИСТОЧНИКОВ**

02.00.13–Технология неорганических веществ и материалы на их основе

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

Ташкент – 2023

Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при министерстве Высшего образования, науке и инноваций Республики Узбекистан под номером B2021.1.PhD/T2051.

Диссертация выполнена в Ташкентском химико-технологическом институте.

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

Научный руководитель: Самадий Муроджон Абдусалимзода
доктор философии по техническим наукам (PhD),
доцент

Официальные оппоненты: Сейтназаров Атаназар Рейпназарович
доктор технических наук, профессор

Тураев Зокиржон
доктор технических наук, доцент

Ведущая организация: Навоийский государственный горно-
технологический университет

Защита состоится « 05 » мая 2023 г. в «15⁰⁰» часов на заседании Научного совета DSc.02/30.12.2019.K/T.35.01 при Институте общей и неорганической химии по адресу: 100170, г. Ташкент, ул. Мирзо Улугбека, 77-а. Тел.: (+99871) 262-56-60; e-mail: ionxanruz@mail.ru.

Диссертация зарегистрирована в Информационно-ресурсном центре Института общей и неорганической химии за № 34, с которой можно ознакомиться в информационно-ресурсном центре (100170, г. Ташкент, ул. Мирзо Улугбека, 77-а). Тел.: (+99871) 262-56-60; факс: (+99871) 262-79-90.

Автореферат диссертации разослан « 20 » апреля 2023 года
(реестр протокола рассылки № 34 от « 20 » апреля 2023 года)



Б.С. Закиров
Председатель научного
совета по присуждению
ученых степеней, д.х.н., проф.

Д.С. Салиханова
Ученый секретарь научного
совета по присуждению
ученых степеней, д.т.н., проф.

Ш.С. Намазов
Председатель научного семинара
при научном совете по присуждению
ученых степеней, д.т.н., проф., академик

Введение (аннотация к диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире с развитием науки и нанотехнологий растет потребность в различных чистых соединениях цветных металлов, в частности, сульфате цинка. Сульфат цинка высоких марок является основным сырьем для получения цинка путем электролиза, применяется в сельском хозяйстве как микроудобрение, а также в производстве красок, бумаги, кожаных изделий и т.д. Удовлетворение потребности в этих продуктах является приоритетной задачей. Узбекистан располагает крупнейшими запасами полиметаллических руд. В связи с этим важно разделить основные компоненты руды и разработать оптимальную технологию переработки для получения сульфата цинка.

В мире ведутся исследования по разработке рациональной технологии переработки полиметаллических руд и выделению в отделенности компонентов сырья - цинка, меди, свинца, кадмия, драгоценных и благородных металлов. В этом аспекте важной задачей является разработка технологии получения сульфата цинка из местных цинксодержащих полиметаллических руд и обоснование ряда научных и технических решений, в том числе по следующим направлениям: установление условий максимального, селективного извлечения цинка в растворы серной кислоты, глубокая очистка растворов сульфата цинка от сопутствующих металлов, разработка технологии переработки полиметаллических руд и цинковых концентратов на сульфат цинка, усовершенствование и интенсификация отдельных стадий производства, необходимо определить реологические свойства растворов и пульп, полученных в технологическом цикле производства сульфата цинка.

В республике особое внимание уделяется вопросам, связанным с обработкой цинковых концентратов серной кислотой, очисткой полученных растворов от различных металлических примесей, разработкой оптимальной технологии получения сульфата цинка. Стратегия действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан предусмотрены работы по подъёму отечественной промышленности на качественно новый уровень, дальнейшую интенсификацию производства готовой продукции на базе глубокой переработки местных сырьевых ресурсов, освоение выпуска новых видов продукции и технологий достигнуты определенные теоретические и практические результаты. В связи с этим большое значение имеют научные исследования, направленные на добычу цинксодержащих полиметаллических руд, их обогащение, в том числе дальнейшее увеличение мощности переработки сульфатно-цинковых концентратов и обеспечение потребности в необходимой для страны цинксодержащей продукции.

Данное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Постановлениях Президента Республики Узбекистан № ПП-5159 от 25 июня 2021 года «О дополнительных мерах по развитию горно-металлургической промышленности и смежных отраслей», № ПП-4715 от 15 мая 2020 года «О мерах по дальнейшему расширению

объемов промышленного производства в Ташкентской области», № ПП-4731 от 26 мая 2020 года «О дополнительных мерах по расширению производства цветных и драгоценных металлов на базе месторождений АО «Алмалыкский ГМК» и в Указе Президента Республики Узбекистан № УП-60 от 28 января 2022 года «О стратегии развития нового Узбекистана на 2022-2026 годы», а также выполнение задач, предусмотренных другими нормативными актами, относящимися к данной деятельности.

Соответствие исследований приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий в республике VII - «Химические технологии и нанотехнологии».

Степень изученности проблемы. В научно-технической литературе имеется большой объем научных материалов и способов переработки цинксодержащих сырьевых источников на цинк, сульфат цинка и другие соединения из различных видов сырьевых источников. Вопросами переработки полиметаллических руд занимались Поляк М.А., Лисичкин И.Н., Королев В.С., Каганович Ю.Я., Jahangiri Ali Reza, Fosnachtet D. R., Van Der Pas V., Li Mi, Pan Cen-xuan, Тўраев З., Усманов И.И., Самадий М.А. и др. Ими были разработаны методы получения солей цинка из различных сырьевых источников, используемых в нескольких направлениях, таких как химическая промышленность, медицина, биотехнология, микробиология, пищевая промышленность, в упаковочной и других видах промышленности. В том числе, проводятся научно-исследовательские работы по направлениям: синтезирование дешевых соединений цинка, безопасность процесса извлечения, высокая эффективность по применению их в различных областях, влияние соединений цинка на здоровье человека и окружающую среду при использовании в медицине и нанотехнологии. Месторождения полиметаллических руд являются уникальными и имеют составы сильно отличающиеся один от другого, что требует для каждого вида сырья отдельных научных и технологических подходов, экономически оправданных путей переработки.

Связь темы диссертации с научно-исследовательскими работами высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в соответствии с тематическими планами научно-исследовательских работ Янгиерского филиала Ташкентского химико-технологического института и Узбекско-Китайского международного прикладного проекта АЛ-59-21122092 – «Основы технологии экологически чистого и эффективного извлечения лития из жидких литиевых ресурсов соленого озера Аральского моря с помощью шпинельного ионного сита».

Целью исследования является разработка технологии получения сульфата цинка из цинксодержащих руд месторождения Хандиза.

Задачи исследования:

изучение химического и минералогического составов цинксодержащих

руд месторождения Хандиза;

исследование процесса сернокислотного разложения цинкового концентрата;

изучение кинетических характеристик процесса сернокислотного разложения концентрата;

исследование влияния предварительной прокалки цинкового концентрата на фракционный, химический составы и технологические параметры разложения;

изучение реологических свойств растворов и пульп, полученных в технологическом цикле производства сульфата цинка;

исследование процесса очистки растворов сульфата цинка от примесей;

установление оптимальных технологических параметров получения сульфата цинка;

разработка технологической схемы, материального баланса, проведение технико-экономических расчетов целесообразности переработки цинковых концентратов на сульфат цинка.

Объекты исследования являются цинковый концентрат, цинксодержащие отходы, цинковая пыль, серная кислота, аммиак.

Предметом исследования являются процессы кислотного разложения цинксодержащих руд, процессы очистки раствора сульфата цинка от примесей и получения сульфата цинка.

Методы исследования. В диссертационной работе использованы современные физико-химические (химический, рентгенофлуоресцентный, рентгеноспектральный, атомно-абсорбционный, ИК-спектроскопический, сканирующая электронная микроскопия, хромато-масс-спектрометрический) анализы, а также статистические методы обработки данных.

Научная новизна диссертационного исследования заключается в следующем:

была разработана технология сернокислотной переработки цинксодержащего концентрата месторождения Хандиза на сульфат цинка с использованием автоклава высокого давления;

показана возможность снижения в растворах соединений свинца, молибдена и других примесей в процессе растворения концентрата путем предварительного окислительного обжига при температурах 800-900°C;

определены физико-химические свойства растворов и пульп, полученных при сернокислотном разложении цинкового концентрата и очистке растворов;

установлены оптимальные технологические параметры процесса сернокислотного разложения цинкового концентрата и очистки растворов сульфата цинка.

Практические результаты исследования заключаются в следующем: открывается возможность вовлечения цинкового концентрата месторождения Хандиза в производство сульфата цинка в качестве местного сырьевого источника;

разработана научнообоснованная, эффективная технология переработки цинкового концентрата на сульфат цинка;

обоснована необходимость предварительной высокотемпературной прокалки цинкового концентрата при сернокислотном выщелачивании цинка.

Достоверность результатов исследования. Результаты химических и физико-химических исследований подтверждены актами испытаний в опытных условиях.

Научная и практическая значимость результатов исследования. Научная значимость результатов исследования заключается в том, что она заложила основы для вовлечения цинкового концентрата месторождения Хандиза в производство важной для экономики страны импортозамещающей химической продукции - сульфата цинка.

Практическая значимость результатов исследования заключается в разработке технологии переработки цинкового концентрата на сульфат цинка и обеспечении потребностей республики в данной продукции.

Внедрение результатов исследования. На основе полученных научных результатов по разработке технологии переработки цинкового концентрата месторождения Хандиза на сульфат цинка:

технология сернокислотной переработки цинкового концентрата месторождения Хандиза, включена в «Перечень перспективных разработок внедряемых в 2024-2027 годах» на АО «Махсусэнергогаз» (Справка АО «Махсусэнергогаз» № 47/553 от 26 апреля 2022 г.). В результате удается получить сульфат цинка, соответствующий требованиям ГОСТ;

на АО «Узбекнефтегаз» внедрена технология производства сульфата цинка из цинкового концентрата (Справка АО «Узбекнефтегаз» № 08-36-1-400 от 10 апреля 2023 года). В результате впервые в республике удалось получить высококачественный сульфат цинка, содержащий не менее 97,7% основного вещества.

Апробация результатов исследования. Результаты исследований были доложены и обсуждены на 2 международных и 5 республиканских научно-практических конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликовано 14 научных работ. Из них 7 научные статьи, в том числе 2 в республиканских и 5 в зарубежных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов диссертаций.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложения. Объем диссертации составляет 107 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснована актуальность и востребованность диссертационной работы, сформулированы цель, задачи исследования,

характеризуются объекты и предмет исследования, показано соответствие диссертации приоритетным направлениям развития науки и технологий в Республике, излагаются научная новизна и практические результаты работы, приведены сведения по опубликованным работам и структуре диссертации.

В первой главе **«Современное состояние в области переработки цинксодержащего сырья и его отходов»**, являющейся литературным обзором, приводятся сведения, характеризующие сульфат цинка, области его применения, спросе и масштабах производства, критически рассматриваются материалы научно-исследовательских работ и способы его получения. Подробно освещены работы по очистке растворов сульфата цинка от примесей металлов. На основе анализа литературного материала сформулированы цель и задачи исследования.

Вторая глава **«Характеристика исходных, промежуточных и конечных продуктов»** посвящена объектам исследования, методам проведения экспериментов, методикам химических анализов и физико-химическим методам исследований.

Третья глава **«Исследование процессов получения сульфата цинка из цинксодержащего сырья»** посвящена исследованиям переработки цинкового концентрата месторождения Хандиза на сульфат цинка автоклавным разложением серной кислотой.

Для экспериментов использовали цинксодержащий концентрат месторождения Хандиза следующего химического состава (масс. %): Zn 45,15-45,45, Si-12,90-13,30, Mn-0,10, Fe-1,57-1,64, Mo-0,031-0,033, Pb-3,01-3,05 и техническую серную кислоту с концентрацией 92,5 %.

Анализ химического состава показал, что руды месторождения Хандиза имеют сложный состав. Большинство элементов находится в виде изоморфной смеси в сульфидах. Во всех разновидностях колчеданных руд преобладает пирит (при вариациях содержаний от 60 до 90 %), сфалерит, галенит и халькопирит 5–7 %. Нерудные минералы представлены серицитом до 55 %, кварцем до 30 %, хлоридами до 8 % и карбонатами. Содержание Pb в рудах этого типа редко превышает 1–3 %, Zn – 3–5 %, Cu – 0,25 %.

Основными элементами руды, по данным спектрального анализа, являются кремний, цинк, алюминий, железо, медь. Содержания натрия, калия и магния находятся в пределах от 1% до 3%. Остальные элементы составляют десятые и сотые доли процента.

Данные рентгенофлуоресцентного анализа цинковой руды подтвердили данные спектрального анализа по содержанию кремния, цинка, железа, меди. Данные по содержанию калия, кальция несколько выше и составляют для калия более 3% и кальция около 1%.

На рентгенограмме цинковой руды имеются диффракционные максимумы, относящиеся к сульфидам и сульфатам цинка и железа, к оксидам кремния, карбонату и цианиду свинца, а также цинкастату.

В таблице 1 приведены данные рентгенофлуоресцентного анализа цинкового концентрата месторождения Хандиза. Полученные результаты указывают на снижение содержания силикатов, алюминия, железа и повышение в концентрате цинка, меди. При незначительном повышении содержания меди, содержание цинка повышается до 45%.

Данные рентгенофлуоресцентного анализа концентрата подтверждают данные спектрального анализа о снижении силикатов, а также указывают на

снижение соединений меди в отличие от спектрального анализа.

На рентгенограмме цинкового концентрата имеются диффракционные максимумы, относящиеся к сульфидам цинка и железа, к кремнефториду цинка и оксиду кремния.

На ИК-спектрах имеются полосы поглощения $2092,209\text{ см}^{-1}$, относящиеся к цианидным группам. Полосы поглощения $1648,590\text{ см}^{-1}$ относятся к тиосульфатам. Полосы поглощения $1030,926\text{ см}^{-1}$, относятся к силикатным группам, а полосы поглощения $878,510$; $803,727$; $675,485\text{ см}^{-1}$ относятся к сульфатным и карбонатным группам. Полосы имеют уширенную структуру, вследствие межмолекулярных взаимодействий в кристаллической структуре минерального объекта.

Таблица 1

Результаты рентгенофлуорисцентного спектроскопического анализа цинкового концентрата месторождения Хандиза

№ проб	Zn, %	Si, %	K, %	Ca, %	Ti, %	Mn, %	Fe, %	Co, %	Cu, %	Mo, %	Cd, %	Pb, %
1	45,30	12,90	0,94	0,55	<0,01	<0,01	1,64	<0,01	0,81	0,032	0,40	3,03
2	45,45	13,10	0,94	0,58	<0,01	<0,01	1,61	<0,01	0,79	0,031	0,41	3,04
3	45,15	13,25	0,95	0,57	<0,01	<0,01	1,59	<0,01	0,77	0,033	0,39	3,01
4	45,35	13,30	0,95	0,56	<0,01	<0,01	1,57	<0,01	0,79	0,032	0,40	3,05

Изучено влияние соотношения $\text{Zn}:\text{H}_2\text{SO}_4$ от 1:0,8 до 1:1,5 на химический состав жидкой и твердой фаз при использовании 30% серной кислоты и продолжительности процесса 90 минут. Полученные данные приведены в таблице 2. Со снижением стехиометрического соотношения $\text{Zn}:\text{H}_2\text{SO}_4$ с 1:0,8 до 1:1,5 содержание всех компонентов в жидкой фазе снижается. Так, содержание цинка с 15,07 % снижается до 11,12 %, Ca с 0,184% до 0,141%, железа с 0,55% до 0,42% и так для остальных компонентов. При этом содержание сульфат иона незначительно повышается с 25,46% до 26,41%, содержание свободной серной кислоты с 2,89% до 4,08%, степень извлечения цинка с 51,15% повышается до 61,00%. Твердая фаза обогащается кремнием. При соотношении 1:0,8 содержание Si составляет 26,06 %, при 1:1,5 достигает 35,50%. Остальные компоненты в составе твердой фазы монотонно снижаются, включая сульфат ион.

Состав жидкой фазы с повышением соотношения Ж:Т с 1,5:1 до 7,08:1 изменяется более существенно. Так, содержание цинка уменьшается с 18,07% до 5,97%, кальция с 0,22% до 0,072%, сульфата с 40,67% до 8,53%.

Оптимальными условиями получения раствора сульфата цинка являются соотношение Т:Ж = 1:2,36. При этом раствор содержит 14,88% цинка и 18,31% сульфат иона, что соответствует концентрации сульфата цинка 36,85%.

Для установления кинетических характеристик процесса разложения цинкового концентрата серной кислотой проведены исследования влияния температуры 338, 343, и 348 К при соотношении $\text{Zn}:\text{H}_2\text{SO}_4 = 1:1,05$, давлении в автоклаве 10 Атм.

В таблице 3 приведены данные влияния температуры на константу скорости реакции взаимодействия цинка из концентрата с серной кислотой при продолжительности процесса 90 минут.

Из таблицы видно, что с повышением температуры увеличивается и константа скорости реакции взаимодействия цинкового концентрата с серной кислотой. Скачок константы скорости наблюдается в кинетической области при температуре 338, а далее в диффузионной области с 348 К. Температура практически не влияет на константу скорости реакции.

Таблица 2

Влияние соотношения $Zn:H_2SO_4$ на химический состав жидкой и твердой фаз процесса получения сульфата цинка при концентрации H_2SO_4 30%, продолжительности процесса 90 минут

№	$Zn:H_2SO_4$	Химический состав жидкой фазы, масс. %										Свободная H_2SO_4 , %	Степень перехода Zn в раствор, %
		Zn	Ca	Fe	Cu	Cd	Pb	Co	Mo	SO_4^{2-}	H_2O		
1	1:0,8	15,17	0,184	0,55	0,270	0,134	1,015	0,0047	0,0150	25,46	55,56	2,89	51,15
2	1:1,0	15,07	0,182	0,54	0,267	0,132	1,008	0,0040	0,0128	25,78	56,36	2,98	53,60
3	1:1,05	14,88	0,180	0,53	0,260	0,130	0,995	0,0036	0,0114	25,95	57,04	3,04	55,10
4	1:1,2	13,40	0,170	0,51	0,246	0,121	0,930	0,0032	0,0100	26,10	58,00	3,31	56,70
5	1:1,3	12,11	0,158	0,47	0,231	0,112	0,864	0,0029	0,0091	26,25	59,30	3,70	58,60
6	1:1,4	11,26	0,147	0,44	0,217	0,108	0,814	0,0027	0,0086	26,39	60,61	4,06	60,70
7	1:1,5	11,12	0,141	0,42	0,210	0,107	0,811	0,0026	0,0085	26,41	60,73	4,08	61,00
№	$Zn:H_2SO_4$	Химический состав твердой фазы, масс. %											
		Si	Zn	Ca	Fe	Cu	Cd	Pb	K	Mo	SO_4^{2-}		
1	1:0,80	26,06	9,66	0,12	0,34	0,18	0,088	0,64	0,086	0,016	0,06		
2	1:1,00	26,20	9,40	0,11	0,33	0,17	0,085	0,63	0,084	0,015	0,062		
3	1:1,05	26,31	9,20	0,11	0,32	0,17	0,083	0,61	0,082	0,015	0,064		
4	1:1,20	27,00	8,30	0,10	0,30	0,16	0,078	0,54	0,077	0,014	0,070		
5	1:1,30	30,05	7,50	0,09	0,27	0,14	0,071	0,49	0,068	0,012	0,077		
6	1:1,40	35,10	6,90	0,08	0,25	0,13	0,063	0,46	0,062	0,011	0,084		
7	1:1,50	35,50	6,60	0,07	0,24	0,12	0,061	0,45	0,061	0,010	0,086		

На рис. 1 приведена зависимость констант скорости реакции от температуры, которая выражается прямой линией и уменьшается с увеличением значений $1/T \cdot 10^3$.

Константа скорости реакции образования сульфата в зависимости от температуры подчиняется уравнению Аррениуса и эмпирически выражается следующими формулами:

$$K = 4,1721 \cdot [10]^{(-z)} \cdot \exp \left[\frac{4380,86}{T} \right] \text{ или } K = 4,1721 e^{\frac{-4380,86}{T}}$$

В зависимости от температуры в пределах 338-348 К значение кажущейся энергии активации E_a цинкового концентрата составляет 4,06 и 4,71 ккал/моль или 16,97 и 19,72 кДж/моль, а среднее значение $E_{a,ср.}$ составляет 4,39 ккал/моль или 18,34 кДж/моль, соответственно.

Таблица 3

Влияние температуры и продолжительности процесса на константу скорости реакции взаимодействия цинка с серной кислотой

Время (τ), мин.	Температура, К	Константа скорости, $K \cdot 10^{-2}, \tau^{-1}$	$\lg K$	* $\lg(C_0 - C_\tau)$
90	338	0,01720	-1,76448	1,10380
	343	0,01878	-1,72619	1,02119
	348	0,02074	-1,68309	0,91908
	Среднее	0,01891	-1,72459	1,01469

Примечание: время взаимодействия 90 мин.

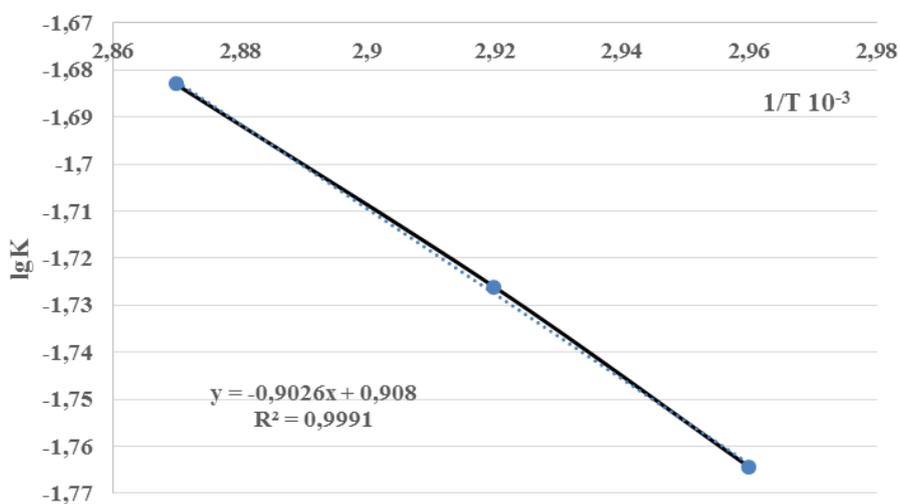


Рис. 1. Зависимость константы скорости от температуры

Показатели энергии активации свидетельствуют высокой реакционной способности цинкового концентрата.

В связи с низкой степенью извлечения цинка в раствор серной кислоты цинковый концентрат подвергли термической обработке в интервале температур 400-1000°C и продолжительности процесса прокатка 30-180 минут.

Установлено, что содержание цинка колеблется от 45% до 47%, кремния от 12,90% до 13,30%, меди от 0,79% до 0,81%, кадмия от 0,39% до 0,41%.

В таблице 4 приведены данные фракционного химического состава цинкового концентрата при температуре прокалики 900°C и продолжительности процесса 90 минут.

Из таблицы видно, что основную долю прокаленного цинксодержащего концентрата месторождения Хандиза составляет фракция -0,140 мм, которая со снижением размера фракции повышается с 0,2% до 92,1% для концентрата с содержанием 45,45% Zn и 13,10% Si.

Повышение содержания цинка обусловлено снижением содержания в концентрате кремния с 15,65% во фракции +0,90 мм до 10,15 во фракции -0,140 мм. Основное содержание кремния наблюдается во фракциях от +0,90 мм до +0,25 мм.

На рисунке 2 приведены результаты влияния температуры предварительной прокалики цинкового концентрата на степень извлечения цинка при $Zn:H_2SO_4=1:1,05$, температуре 75°C и продолжительности процесса автоклавного выщелачивания 90 минут.

Таблица 4

Фракционный и химический составы цинксодержащего концентрата месторождения Хандиза после обжига

№ пп	Размер зерна, мм	Содержание фракций, масс. %	Химический состав, масс. %		
			Zn	Si	H ₂ O
Содержание Zn в концентрате 45,45 % и Si 13,10%					
1	+0,90	0,2	45,05	15,65	0,47
2	-0,90 ÷ +0,65	0,3	45,14	14,81	0,48
3	-0,65 ÷ +0,50	0,5	45,31	14,11	0,47
4	-0,50 ÷ +0,25	1,2	45,39	13,25	0,49
5	-0,25 ÷ +0,165	2,1	45,54	12,47	0,51
6	-0,165 ÷ +0,140	3,6	45,67	11,28	0,48
7	-0,140	92,1	46,11	10,15	0,49

Повышение температуры прокалики цинкового концентрата с 400°C до 900°C способствует увеличению степени извлечения цинка в серноокислотный раствор с 71 до 90%. Дальнейшее повышение температуры не влияет на степень извлечения. Проведенные опыты показывают, что оптимальной температурой обжига является 900°C.

С увеличением продолжительности процесса прокалики с 10 до 90 минут степень извлечения цинка повышается с 65 до 90 %. Дальнейшее повышение температуры не влияет на степень извлечения цинка из цинксодержащего концентрата. Проведенные опыты показывают, что оптимальное время обжига составляет 90 минут (Рис. 3).

С уменьшением размера фракций цинксодержащего концентрата месторождения Хандиза степень извлечения увеличивается и составляет для фракции -0,140 мм 91,7%. С увеличением размера частиц до 0,90 мм степень извлечения снижается до 78,0%.

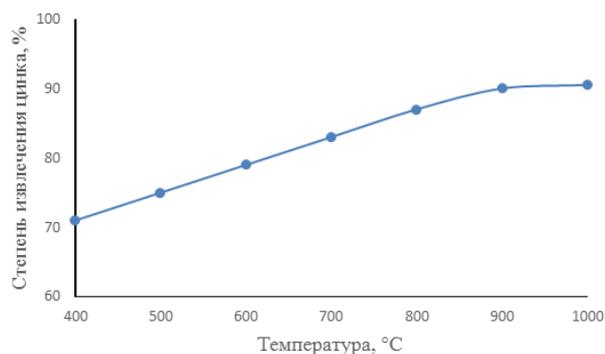


Рис. 2. Влияние температуры предварительного обжига цинксодержащего концентрата на степень извлечения цинка

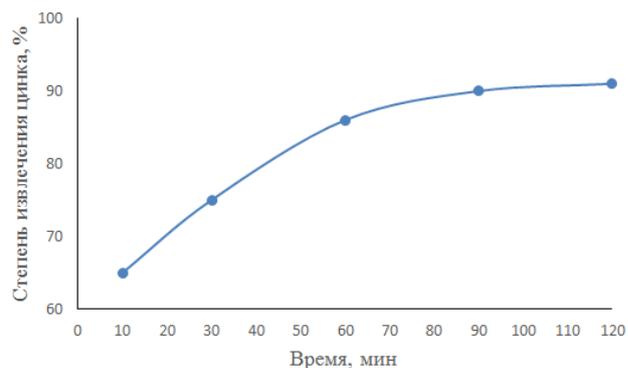


Рис. 3. Влияние продолжительности процесса прокаливания цинксодержащего концентрата на степень извлечения цинка

В таблице 5 приведены данные влияния температуры предварительной прокаливания концентрата Хандиза при соотношении $Zn:H_2SO_4=1:1,05$, концентрации серной кислоты 30% и продолжительности процесса 90 минут.

Таблица 5
Влияние процесса прокаливания концентрата месторождения Хандиза на химический состав жидкой и твердой фаз при получении сульфата цинка

№	Температура прокаливания, °C	Химический состав жидкой фазы, масс. %										Степень перехода Zn в раствор, %
		Zn	Ca	Fe	Cu	Cd	Pb	K	Mo	SO ₄ ²⁻	H ₂ O	
1	0	8,94	0,10	0,30	0,14	0,07	0,55	0,185	0,006	19,66	43,76	55,10
2	400	11,52	0,12	0,38	0,18	0,09	0,24	0,06	-	22,30	50,1	71,05
3	500	12,18	0,13	0,40	0,19	0,09	0,16	0,034	-	23,20	52,5	75,10
4	700	13,50	0,15	0,45	0,21	0,10	0,023	0,001	-	24,90	57,0	83,25
5	900	14,88	0,18	0,53	0,26	0,13	0,0006	0,0004	-	26,39	60,61	91,70
6	1000	14,88	0,18	0,53	0,26	0,13	0,0006	0,0004	-	26,39	60,61	91,75
№	Температура прокаливания, °C	Химический состав твердой фазы, масс. %										
		Si	Zn	Ca	Fe	Cu	Cd	Pb	K	Mo	SO ₄ ²⁻	
1	0	13,14	20,8	0,30	0,90	0,44	0,21	1,68	0,51	0,018	0,071	
2	400	18,30	16,1	0,23	0,69	0,34	0,16	1,64	0,39	0,026	0,068	
3	500	19,90	15,2	0,22	0,66	0,32	0,15	1,63	0,37	0,026	0,067	
4	700	23,20	13,7	0,19	0,59	0,29	0,13	1,61	0,33	0,026	0,065	
5	900	26,31	9,2	0,14	0,32	0,17	0,08	1,60	0,08	0,026	0,064	
6	1000	26,31	9,2	0,14	0,32	0,17	0,08	1,60	0,08	0,026	0,064	

Повышение температуры прокатки с 400 до 900°C повышает содержание цинка в жидкой фазе с 11,52% до 14,88% и практически не влияет на степень извлечения. Прокатка снижает содержание Pb, K, Mo и повышает содержание железа с 0,30% до 0,53%, кальция с 0,10% до 0,18%, меди с 0,14% до 0,26%, кадмия с 0,07% до 0,13%. Более существенно прокатка сказывается на изменение состава твердой фазы.

Повышение температуры способствует изменению содержания кальция, железа, меди, кадмия, свинца, калия, молибдена и повышению содержания кремния с 13,14% до 26,31%, снижению содержания цинка с 20,8 до 9,2%. Содержание сульфат ионов снижается при этом с 0,071% до 0,064%.

В связи с высоким содержанием в жидкой фазе меди, кадмия, сульфат ионов проведены исследования по снижению их содержания в жидкой фазе путем дополнительного введения, на стадии обработки цинкового концентрата серной кислотой, цинковой пыли.

В таблице 6 приведены данные влияния соотношения Me:цинковая пыль (ЦП) на изменение химического состава жидкой фазы при обработке цинкового концентрата, прокаленного при температуре 900°C, соотношении Zn:H₂SO₄ от 1:0,8 до 1:1,1, 30% серной кислотой. Соотношения Me:ЦП изменяли от 1:0,8 до 1:1,1.

Из таблицы 6 видно, что с увеличением доли цинковой пыли содержание меди в жидкой фазе снижается с 0,26% при отсутствии добавки ЦП до 0,0008% при соотношении Me:ЦП=1:(1,05-1,1), кадмия с 0,13% до 0,0004%, SO₄²⁻ с 26,39% до 25,96%.

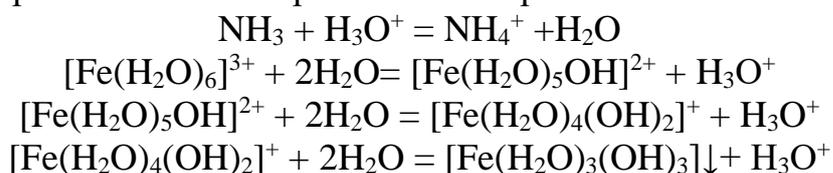
Таблица 6

Влияние соотношения Zn:H₂SO₄ и Me:ЦП на состав жидкой фазы

№	Me:ЦП	Химический состав жидкой фазы, масс. %				
		Zn	Cu	Cd	SO ₄ ²⁻	H ₂ O
1	1:0,0	14,88	0,26	0,13	26,39	60,61
2	1:0,8	14,88	0,19	0,07	26,24	59,50
3	1:1,0	14,88	0,10	0,001	26,10	58,30
4	1:1,05	14,88	0,0008	0,0004	25,96	57,03
5	1:1,1	14,88	0,0008	0,0004	25,96	57,03

Введение ЦП практически не влияет на содержание железа в растворе сульфата цинка. Поэтому растворы сульфата цинка подвергли очистке от железа с помощью аммиака.

Данный метод основан на осаждении железа аммиаком из разбавленных, подкисленных растворов, при нагревании, в виде гидроксида железа (II) за счет смещения протолитического равновесия вправо:



Осаждению гидроксида железа мешают все ионы, образующие с железом (III) менее растворимые осадки, как то: фосфат-, ванадат-, арсенат- и силикат- ионы, а также вещества, связывающие железо (III) в растворимые комплексы: оксалат-, фторид-ион, сахара, винная, лимонная кислоты, глицерин. Кроме того, данный осадок, обладая развитой поверхностью, адсорбирует большое количество примесей, в особенности, сульфат-ионы и ионы кобальта. Мешают определению и ионы, образующие нерастворимые в аммиаке гидроксиды, такие как Cr^{3+} , Al^{3+} , четырехвалентный титан.

На рисунке 4 приведены данные влияния стехиометрического соотношения $Fe:NH_3$ на степень очистки растворов сульфата цинка от железа, полученных из цинкового концентрата прокаленного при $900\text{ }^\circ\text{C}$, при соотношении $Zn:H_2SO_4 = 1:1,05$, концентрации серной кислоты 30% и продолжительности процесса 90 минут.

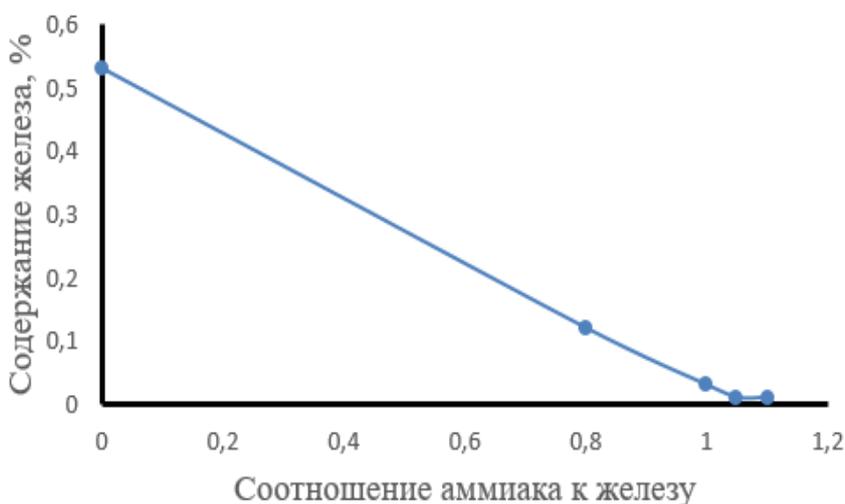


Рис. 4. Влияние соотношения $Fe:NH_3$ при удалении железа из раствора сульфата цинка

Повышение соотношения $Fe:NH_3$ с 1:0,8 до 1:1,1 способствует снижению железа в растворе с 0,53% до 0,01%. При этом степень осаждения железа повышается до 98,1%. Содержание остальных компонентов практически не изменяется. Содержание свободной кислоты практически отсутствует при соотношении 1:1 / 1:1.

Оптимальным условием процесса очистки жидкой фазы от железа является соотношение $Fe:NH_3 = 1:1,05$. При этом степень очистки раствора от железа составляет 98,1%, а его содержание не превышает 0,01%.

Определение вязкости и плотности пульпы проводили при температурах от 20 до $80\text{ }^\circ\text{C}$ и соотношениях $Zn:H_2SO_4$ от 1:0,6 до 1:2,0. Согласно полученным результатам исследований выведены эмпирические уравнения с корреляционным коэффициентом (R^2). Соответствующие коэффициенты находятся в пределах 0,9645 и 1,000 и указывают, что экспериментальные данные хорошо согласуются с установленными значениями.

С увеличением доли серной кислоты и повышением температуры плотности растворов снижаются. Так, при $20\text{ }^\circ\text{C}$ плотность пульпы при соотношении $Zn:H_2SO_4 = 1:0,6$ составляет $2,338\text{ г/см}^3$, а при $Zn:H_2SO_4=1:2,0$ –

2,116 г/см³, тогда как при одном о том же соотношении Zn:H₂SO₄ повышение температуры приводит к снижению значений плотности пульпы. При соотношении 1:1,1 и температуре от 20 до 80°C значения плотности изменяются от 2,316 до 2,291 г/см³.

Аналогичная картина наблюдается при изучении вязкости. Вязкость пульпы при 20°C снижается с 8,51 мПа·с при соотношении Zn:H₂SO₄ = 1:0,6 до 7,75 мПа·с при соотношении Zn:H₂SO₄ = 1:2,0. Кроме того, при постоянном соотношении Zn:H₂SO₄ повышение температуры с 20 до 80°C способствует снижению вязкости с 8,51 до 3,64 и с 7,75 до 2,99 мПа·с, соответственно. Эксперименты показывают, что пульпы обладают хорошими реологическими свойствами и достаточной транспортабельностью.

Плотности фильтратов с увеличением времени конверсии и повышением температуры с 20 до 80°C снижаются с 2,406 до 2,394 г/см³ и с 2,420 до 2,308 г/см³, при увеличении времени взаимодействия с 10 до 130 минут.

Аналогично вязкости растворов снижаются с 8,59 мПа·с до 3,49 и с 8,59 до 8,33 мПа·с, соответственно, с повышением температуры с 20 до 80°C и увеличением времени конверсии с 10 до 130 минут.

Пульпы сульфата цинка обладают приемлемыми реологическими свойствами и вполне транспортабельны.

Четвертая глава «Технологические показатели переработки цинкового концентрата на сульфат цинка» посвящена технологическим показателям переработки цинкового концентрата на сульфат цинка.

Исследованы процессы разделения жидкой и твердой фаз стадий разложения цинкового концентрата серной кислотой и очистки раствора сульфата цинка.

Показано, что осветление фаз стадии разложения цинкового концентрата протекает наиболее интенсивно впервые 100-150 секунд, а затем замедляется и практически не изменяется после 350-400 сек. Дальнейшее увеличение процесса отстаивания повышает степень осветления незначительно. Так, через 350 секунд степень осветления составляет 45%, при максимальной степени осветления 47% через 800 сек.

Данные по скорости фильтрации показали, что суспензия независимо от степени разрежения и температуры фильтруется хорошо. Скорость фильтрации для суспензии составляет 167,35-189,16 кг/м²·ч при разрежении 300 мм рт. ст. и повышается до 247,68-290,05 кг/м²·ч при разрежении 500 мм рт. ст. в интервале температур 20-60°C.

Повышение разрежения в колбе с 200 мм рт. ст. до 500 мм рт. ст. при температуре 20°C увеличивает скорость фильтрации по пульпе с 139,97 кг/м²·ч до 247,68 кг/м²·ч. Повышение температуры с 20 до 60°C при разрежении 200 мм рт. ст. увеличивает скорость фильтрации по сухому осадку с 58,09 кг/м²·ч до 66,55 кг/м²·ч, тогда как при разрежении 500 мм рт. ст. скорость фильтрации повышается с 102,79 кг/м²·ч до 120,00 кг/м²·ч.

Исследования влияния высоты слоя осадка на фильтре при разрежении 300 мм рт. ст. показали существенное снижение скорости фильтрации. Так,

при высоте слоя осадка 5 мм скорость фильтрации при температуре 60°C составляет 166,57 кг/м²·ч по пульпе, а при высоте слоя осадка 15 мм приводит к снижению скорости фильтрации до 134,90 кг/м²·ч. Повышение температуры и в этом случае способствует повышению скорости фильтрации.

Подробно исследованы физико-химические характеристики сульфата цинка, полученного из цинкового концентрата. По данным химического анализа сульфат цинка соответствует требованиям ГОСТ 8723-82. Данные рентгенограммы, ИК-спектра, рентгенофлуористентного анализа подтвердили данные по содержанию элементов.

Элементный анализ сульфата цинка показывает следующее содержание элементов: Zn-37,5%, O-42,6%, S-17,8%, C-2,1%, что соответствует их содержанию в сульфате цинка.

Разработана технологическая схема и составлен материальный баланс производства сульфата цинка из цинкового концентрата. Разработанная технология апробирована в опытно-промышленных условиях с выпуском опытной партии.

Процесс переработки цинкового концентрата в сульфат цинка состоит из следующих стадий:

- прокалка цинкового концентрата при 900 °С;
- сернокислотное разложение цинкового концентрата Хандизинского месторождения в автоклаве высокого давления при $t = 75$ °С;
- отделение раствора сульфата цинка и очистка от сопутствующих примесей;
- выпарка очищенного раствора сульфата цинка с получением технического сульфата цинка;
- упаковка и хранение готового продукта.

Основными параметрами технологического режима переработки цинксодержащих концентратов на сульфат цинк являются: прокалка концентрата при 900°C, мольное соотношение $Zn:H_2SO_4 = 1:1,05$, при Т:Ж=1:2,36 температура 75 °С, давление 10 Атм., время пребывания в автоклавном реакторе 90 минут, плотность пульпы 2,322-2,298 г/см³.

Полученный продукт характеризуется следующими показателями качества (масс. %): Zn₂SO₃-98,14; Cl-0,4; F-0,4; н.о.-0,05; Pb-0,007; Cd-0,007; Cu-0,003; Ni-0,009; Fe-0,03; Mn-0,04.

В период испытаний получено 1000 кг сульфата цинка на общую сумму более 22,750 млн. сум.

Технологическая схема получения технического сульфата цинка из цинксодержащих концентратов представлена на рисунке 5.

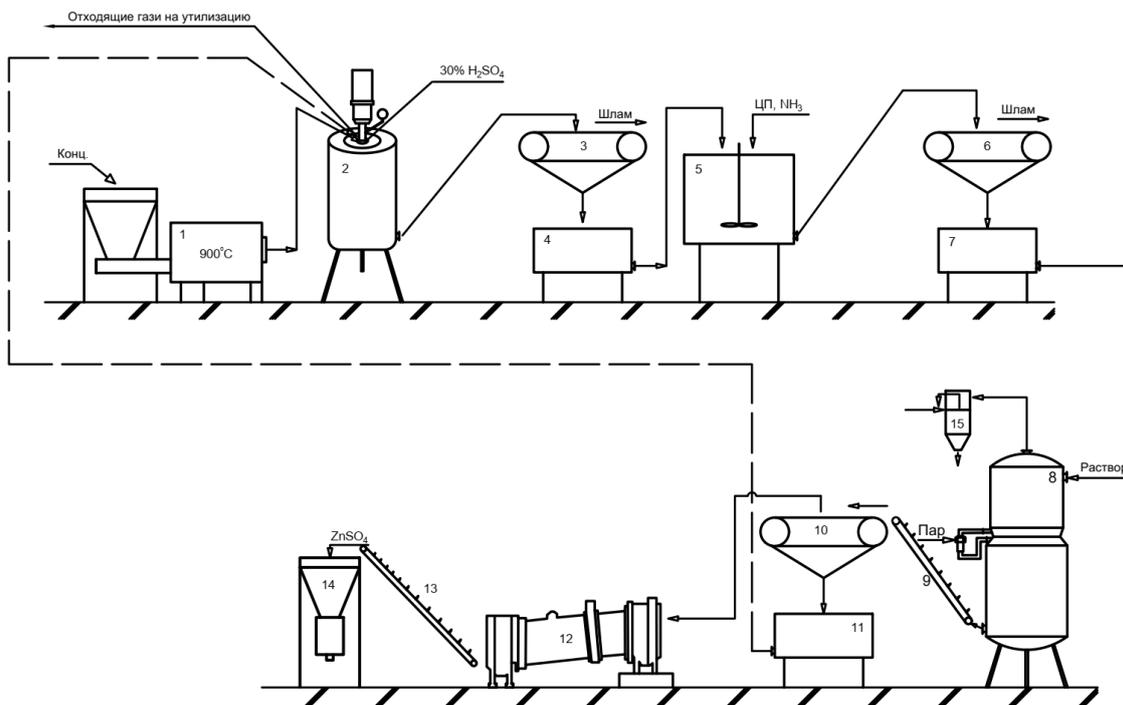


Рис. 5. Технологическая схема опытной установки по переработке цинкового концентрата на технический сульфат цинка:

1 – печь прокаливания, 2 – автоклав, 3, 6, 10 – фильтры, 4, 7, 11 – емкости, 5 – емкость-смеситель, 8 – вакуум-выпарной аппарат, 9, 13 – транспортеры, 12 – сушильный барабан, 14 – упаковочная установка, 15 – дистиллятор.

Технико-экономические расчеты показывают высокую эффективность переработки цинксодержащих концентратов в товарный сульфат цинка. Суммарный экономический эффект от производства 50 тыс. тонн товарного сульфата цинка в год составляет 380,1 млрд сум.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Изучены процессы разложения цинксодержащего концентрата месторождения Хандиза 30% серной кислотой и установлена низкая степень извлечения цинка в жидкую фазу, которая не превышает 61%.

2. Кинетическими исследованиями процесса разложения цинкового концентрата серной кислотой установлены основные кинетические параметры процесса, которые протекают по первому порядку. Показано, что зависимость константы скорости от температуры выражается прямой линией, уменьшается с увеличением значений $1/T \cdot 10^3$ и подчиняется уравнению Аррениуса. Показатели энергии активации 4,39 ккал/моль или 18,34 кДж/моль свидетельствуют о высокой реакционной способности цинкового концентрата.

3. Исследован процесс предварительной прокалики цинкового концентрата на показатели извлечения цинка серной кислотой, установлены

оптимальные технологические параметры режима Т:Ж = 1:2,36, температура 75°C, продолжительность процесса автоклавного выщелачивания 90 минут. При этом степень извлечения цинка составляет 91,7%.

4. Изучен фракционный и химический состав прокаленного цинкового концентрата. Установлено, что основную долю цинксодержащего концентрата месторождения Хандиза составляет фракция -0,140 мм, которая со снижением размера фракции повышается с 0,2% до 92,1% для концентрата с содержанием 45,45% Zn и 13,10% Si.

Повышение содержания цинка обусловлено снижением содержания в концентрате кремния с 15,65% во фракции +0,90 мм до 10,15 во фракции -0,140 мм. Основное содержание кремния наблюдается во фракциях от +0,90 мм до +0,25 мм.

5. Исследования по очистке растворов сульфата цинка путем введения цинковой пыли, после отделения шлама, позволяют снизить содержание примесей меди до $8 \cdot 10^{-4}$ и кадмия до $4 \cdot 10^{-4}$. Нейтрализация таких растворов аммиаком снижает содержание железа с 0,53% до 0,01% или на 98,1%.

6. Разработана технологическая схема переработки цинкового концентрата на технический сульфат цинка, проведена апробация разработанной технологии, наработана опытная партия продукции. Технико-экономические расчёты указывают на высокую экономическую эффективность производства сульфата цинка путем сернокислотной переработки цинксодержащего концентрата месторождения Хандиза. Экономический эффект от реализации 1 тонны товарного сульфата цинка составит 7602,31 тыс. сум по сравнению с импортируемым.

**SCIENTIFIC COUNCIL ON AWARDING OF SCIENTIFIC DEGREE
DSc.02/30.12.2019.K/T.35.01 AT INSTITUTE OF
GENERAL AND INORGANIC CHEMISTRY**

TASHKENT CHEMICAL TECHNOLOGICAL INSTITUTE

MAKHMAYOROV JASUR BOZOROVICH

**DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR THE PRODUCTION ZINC
SULFATE BASED ON LOCAL RAW MATERIALS**

02.00.13 – Technology of inorganic substances and materials on their basis

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

Tashkent – 2023

The theme of dissertation of the Doctor of Philosophy (PhD) in technical sciences has been registered by the Supreme Attestation Commission at the Higher education, science and innovation of the Republic of Uzbekistan with registration numbers of B2021.1.PhD/T2051.

The dissertation has been prepared at the Tashkent Chemical Technological Institute.

The abstract of dissertation in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) is available online www.ionx.uz and on the website of «ZiyoNet» information-educational portal www.ziyo.net.

Research supervisors:	Samadiy Murodjon Abdusalimzoda Doctor of Philosophy on Technical Sciences (PhD), Associate professor
Official opponents:	Seitnazarov Atanazar Reipnazarovich doctor of technical science, professor Turaev Zokirjon doctor of technical science, associate professor
Leading organization:	Navoi State Mining and Technology University

The defense will take place on 05 May 2023 at 15⁰⁰ o'clock at the meeting of Scientific council No DSc.02/30.12.2019.K/T.35.01 at Institute of General and Inorganic Chemistry, (Address: 100170, Tashkent city, Mirzo Ulugbek street, 77-a. Tel./fax: (+99871) 262-56-60; fax: (+99871) 262-79-90; e-mail: ionxanruz@mail.ru).

The dissertation can be reviewed at the Information Resource center of Institute of General and Inorganic Chemistry, (registered number is 34). Address: 100170, Tashkent, Mirzo Ulugbek Str., 77-a. ph.: (+99871) 262-56-60; fax: (+99871) 262-79-90).

Abstract of dissertation was mailed on « 20 » April 2023 year
(mailing report № 34 on « 20 » April 2023 year)



Zakirov B.S.
Chairman of scientific council
awarding scientific degrees,
doctor of chemical sciences, professor

Salikhanova D.S.
Scientific secretary of the scientific council
awarding scientific degrees,
doctor of technical sciences, professor

Namazov Sh.S.
Chairman of scientific seminar under scientific
council on awarding scientific degrees, doctor
of technical sciences, professor, academician

INTRODUCTION (abstract of PhD dissertation)

The aim of the research is to develop a technology for obtaining zinc sulfate from zinc-containing ores of the Khandiza deposit.

The objects of study are zinc concentrate, zinc-containing waste, zinc dust, sulfuric acid, ammonia.

The scientific novelty of the dissertation research is as follows:

a technology was developed for sulfuric acid processing of zinc-containing concentrate from the Khandiza deposit for zinc sulfate using a high-pressure autoclave;

the possibility of reducing lead compounds, molybdenum and other impurities in solutions in the process of dissolving the concentrate by preliminary oxidative roasting at temperatures of 800-900°C;

physical and chemical properties of solutions and pulps obtained by sulfuric acid decomposition of zinc concentrate and purification of solutions were determined;

the optimal technological parameters of the process of sulfuric acid decomposition of zinc concentrate and purification of zinc sulfate solutions were established.

Implementation of research results. Based on the obtained scientific results on the development of technology for the processing of zinc concentrate from the Khandiza deposit for zinc sulfate:

the technology for sulfuric acid processing of zinc concentrate from the Khandiza deposit is included in the “List of promising developments to be introduced in 2024-2027” at JSC Mahsusenergogaz (Certificate of JSC Mahsusenergogaz No. 47/553 dated April 26, 2022). As a result, it is possible to obtain zinc sulfate that meets the requirements of GOST;

Uzbekneftgaz JSC introduced a technology for the production of zinc sulfate from zinc concentrate (Certificate of Uzbekneftgaz JSC No. 08-36-1-400 dated April 10, 2023). As a result, for the first time in the republic, it was possible to obtain high-quality zinc sulfate containing at least 97.7% of the main substance.

The structure and scope of the dissertation. The dissertation consists of introduction, four chapters, conclusion, list of used literature, applications. The thesis consists of 107 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИЛМІЙ ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLICATION

I бўлим (I часть; I part)

1. Махмаёров Ж.Б., Росилов М.С., Самадий М.А. Получение сульфата цинка на основе местных сульфидных руд // Universum: Технические науки: электрон. научн. журн. 2019. № 3(60). URL: <http://7universum.com/ru/tech/archive/item/7076>. (02.00.00, №1);

2. Jasur Makhmayorov, Zafar Khakimov, Shokir Rakhimkulov, Tulkin Shakarov, Farrukh Davlatov, Murodjon Samadiy. Physico-chemical characteristics of zinc sulfate produced from zinc-containing concentrate of Khandiza Deposit // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. Vol. 9, Issue 3, March 2022. pp. 19087-19091. ISSN 2350-0328. (05.00.00, №8);

3. Jasur Makhmayorov, Zafar Khakimov, Bakhrom Makhkamov, Murodjon Samadiy. Investigations of roasting process and fractional composition of zinc concentrate of Khandiza deposit // Chemistry and Chemical Engineering: Vol. 2022: No. 1, P. 11-15. Article 12. DOI: 10.34920/CCE202212. (02.00.00, №3);

4. Jasur Makhmayorov, Ilham Usmanov, Bakhodir Abdullayev, Murodjon Samadiy. Rheological properties of pulps and solutions of zinc sulfate // Scientific and technical Journal Namangan Institute of Engineering and Technology. Namangan, Vol. 6, Issue 1, 2022. P. 153-158. (05.00.00, №33);

5. Махмаёров Ж.Б., Абдуллаев Б.У., Давлатов Ф.Ф., Махкамов Б.А., Самадий М.А. Изучение степени осветления и фильтруемости полученных суспензий при получении сульфата цинка // Universum: технические науки: электрон. научн. журн. 2022. 4(97). URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/13399> (дата обращения: 18.04.2022). (02.00.00, №1).

6. Murodjon Samadiy, Jasur Makhmayorov, Bakhrom Makhkamov, Sherzod Qodirov, Jasur Farmonov. Study of the kinetic characteristics of the process of obtaining zinc sulfate // ISJ Theoretical & Applied Science. Vol. 111, Issue 7, 2022. pp. 188-192. ISSN 2409-0085. №23. SJIF. IF-7,18.

7. Murodjon Samadiy, Jasur Makhmayorov, Diyorbek Absattorov, Sherzod Qodirov, Jasur Farmonov. Study of the process of purification of zinc sulfate solutions from impurities // International Scientific Journal Theoretical & Applied Science. Vol. 112, Issue 8, 2022. pp. 161-165. ISSN 2409-0085. №23. SJIF. IF-7,18.

II бўлим (II часть; II part)

8. Махмаёров Ж.Б., Туйчиева У.И., Самадий М.А. Способы получения сульфата цинка и производство на основе цинксодержащей руды месторождения Хандиза // Science Time. Материалы международных научно-

практических конференции Общества Науки и Творчества за июнь 2018 года. Казан. Science Time. - 2018. - № 6 (54) С. 48-51.

9. Makhmayorov J.B., Rosilov M.S., Djandullayeva M.S., Samadiy M.A. Methods of obtaining zinc sulphate and production on the basis of zinc-containing ore deposit of Khandiza // Сборник материалов международной научно-технической конференции «Современное состояние и перспективы развития производства фосфорсодержащих удобрений на основе фосфоритов Центральных Кызылкумов и Каратау». Конференция посвящена 27-летию независимости республики Узбекистан. 25-26 октября 2018 года. С. 178-179.

10. Махмаёров Ж.Б., Джандуллаева М.С., Самадий М.А. Способы получения сульфата цинка и производство на основе цинксодержащей руды месторождения Хандиза // Труды XXVIII - научно-технической конференции молодых ученых, магистрантов и студентов бакалавриата. Тошкент 2019, С. 43-44.

11. Росилов М.С., Махмаёров Ж.Б., Джандуллаева М.С., Самадий М.А. Способ получения сульфата цинка на основе местных сульфидных руд // “Саноат ва кишлок хўжалигининг долзарб муаммоларини ечишда инновацион технологияларнинг аҳамияти” мавзусидаги республика илмий-амалий анжумани мақолалари тўплами 2019 йил 26-27 апрель. Қарши – 2019, С. 118-120.

12. Махмаёров Ж.Б., Самадий М.А. Получение сульфата цинка сернокислотным способом // «Умидли кимёгарлар»: Труды xxx – Научно-технической конференции молодых ученых, магистрантов и студентов бакалавриата. Ташкент 2021. С – 391.

13. Махмаёров Ж.Б., Фармонов Ж.Б., Абдуллаев Б.У., Рахимкулов Ш.Р., Самадий М.А. Применение и масштабы производства сульфата цинка // Scientific Collection «InterConf», (86):with the Proceedings of the 1 st International Scientific and Practical Conference «Scientific paradigm in the context of technologies and society development» (November 18-19, 2021). Geneva, Switzerland: Protonique, 2021. P. 552-557. ISBN 978-2-88136-234-7.

14. Махмаёров Ж.Б., Абдуллаев Б.У., Рахимкулов Ш.Р., Самадий М.А. Способы производства сульфата цинка // Сборник тезисов республиканской конференции с зарубежным участием «Инновационные технологии в химической и строительной отраслях промышленности и решение актуальных экологических проблем» 23-24 ноября 2021 года. С. 18-19.

Автореферат Ўзбекистон кимё журналі таҳририяида
таҳрирдан ўтказилди

Босмахона лицензияси:



9338

Бичими: 84x60 ¹/₁₆. «Times New Roman» гарнитураси.
Рақамли босма усулда босилди.
Шартли босма табағи: 2,5. Адади 100 дона. Буюртма № 31/23.

Гувоҳнома № 851684.
«Тірографф» МЧЖ босмахонасида чоп этилган.
Босмахона манзили: 100011, Тошкент ш., Беруний кўчаси, 83-уй.