

Бо ҳуқуқи дастнавис



САМИХОВ Шонаврӯз Раҳимович

**АСОСҲОИ ИЛМИИ ТЕХНОЛОГИЯИ КОРКАРДИ
МАЪДАНҲОИ ТИЛЛОДОРИ ДУШВОРКОРКАРД ВА
КАМҲОСИЛИ КОНҲОИ ТОҶИКИСТОН**

05.17.01 – технологияи моддаҳои ғайриорганикӣ

АВТОРЕФЕРАТИ

диссертатсия барои дарёфти дараҷаи илмии
доктори илмҳои техникӣ

Душанбе – 2018

Диссертатсия дар озмоишгоҳи «Ғанигардонии маъдан»-и Институти кимиёи АИ Ҷумҳурии Тоҷикистон ба номи В.И.Никитин иҷро гардидааст.

Мушовири илмӣ: **Зинченко Зинаида Алексеевна** - доктори илмҳои техникӣ, корманди хизматнишондодаи Ҷумҳурии Тоҷикистон

Муқарризони расмӣ: **1. Соложенкин Петр Михайлович** – доктори илмҳои техникӣ, профессор, академики академияи илмҳои ҚТ, ходими хизматнишондодаи илмии ФР, ходими калони илми Институти масъалаҳои комплексӣ истифодабарии сарватҳои академияи Руссия (ИПКОН РАН);
2. Шарифов Абдумӯмин – доктори илмҳои техникӣ, профессори кафедраи «Технологияи истехсолоти химиявӣ»-и Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ;
3. Мирсаидов Илҳом Ёлмасович – доктори илмҳои техникӣ, директори Агентии анияти ва радиатсионии Академияи илмҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон.

Муассисаи пешбар: Муассисаи илмӣ давлатии «ПИТ илмӣ саноатӣ»-и Вазорати саноат ва технологияҳои нави Ҷумҳурии Тоҷикистон.

Ҳимояи диссертатсия 4 апрели соли 2018, соати 9⁰⁰ дар ҷаласаи Шӯрои диссертатсионии 6D.КOA-007 назди Институти кимиёи АИ Ҷумҳурии Тоҷикистон ба номи В.И. Никитин баргузор мегардад.
Суроға: 734063, ш.Душанбе, хиёбони Айнӣ, 299/2.
E-mail: z.r.obidov@rambler.ru

Бо матни пурраи диссертатсия метавонед дар китобхонаи илмӣ ва сомонаи интернетии Институти кимиёи АИ Ҷумҳурии Тоҷикистон ба номи В.И. Никитин шинос шавед:

www.chemistry.tj

Автореферат санаи «___» _____ соли 2018 аз рӯи феҳристи пешниҳодшуда, ирсол карда шудааст.

Котиби илмӣ
шӯрои диссертатсионӣ,
номзади илмҳои техникӣ, дотсент



Обидов З.Р.

ТАВСИФИ УМУМИИ ДИССЕРТАТСИЯ

Мубрам будани мавзӯи диссертатсия. Яке аз омилҳои асосии бомуваффақият тараққиёти ҳар кадом соҳа ин мавҷуд будани захираҳои ашёӣ мебошад. Саноатӣ истихроҷии Тоҷикистон захираи хуби минералию ашёӣ хеле ҳам зиёд дорад, ки миқдораш барои ояндаи дурнамои тараққиёти соҳа басанда аст.

Дар сарзамини Тоҷикистони марказӣ, ки бо ҳавзаи дарёи Зарафшон ихота карда шудааст, миқдори захираи зиёди тилло ба намуди конҳои маъданӣ ва резачош чамъ шудааст. Арзиши саноатиро танҳо конҳои Чилав, Тарор, Мосариф, Чилави Шимолӣ, Хирсхона, Олимпикӣ, Дуоба, Чоре, Канчоч, Кумарғи боло ва ғайраҳо нишон додааст. Миқдори зиёди ин конҳо ба арсендор дохил шуда, раванди коркарди онҳо бо мушкилии зиёде мегузарад.

Аз масъалаҳои илмӣ-техникӣ, ки дар назди саноати истихроҷӣ тилло истодааст, масъалаи ҷудошавии тилло аз ашёи душворғанигардонидашаванда бевусъатёбӣ мумкин аст ба қатори муҳим дохил шавад. Аз рӯи баҳодии мутахассисон аз ҳисоби васеъ истифодабарии маъданҳои тиллодори душворкоркард ва комплексӣ дар садсолаҳои ҷорӣ асосан афзоиш дар ҷаҳон аз ҳисоби тилло мешавад. Солҳои охир миқдори зиёди мақолаҳо ва коркардҳои илмӣ дар соҳаи ғанигардонӣ ва металлургии маъданҳои металлҳои асил бо масъалаҳои ҷудокунии тилло алоқаманд мебошад. Барои ҳал намудани онҳо иштироки муассисаҳои илмӣ-таҳқиқотӣ, ширкатҳои ҳамаи кишварҳо зарур мебошад, ки асоси истеҳсоли ин металл аз ашёҳои маъданӣ аст.

Дар асоси гуфтаҳои боло технологияи коркарди босамари гидрометаллургии маъданҳои номбурдашуда, масъалаҳои мубрам мебошад.

Солҳои охир дар соҳаи истихроҷӣ тилло маъданҳои маъданҳои, ки дар таркибашон компонентҳои қиматбаҳо кам мавҷуданд ба кор дароварда шуда истодаанд. Коркард ва ба истеҳсолот ҷорӣ кардан дар саноати истихроҷӣ тилло босамар ва технологияи кам хароҷот ин тӯдаи ишқоронӣ мебошад, ки имконияти васеъ истифодабарии захираҳои ашёи минералии тиллодор аз ҳисоби коркарди маъданҳои камҳосил, берун аз кон ва аз партовҳои фабрикаи тилло истеҳсолкунанда коркарди онҳоро ғайраҷор мекунад.

Таҷрибае ба монанди усули тӯдаи ишқоронии ихтисоршуда барои коркарди маъданҳои камҳосил мавҷуд аст, ки «ишқоронии партов» номида дар бисёр корхонаҳо васеъ истифода мебаранд. Дар ин ҳолат ингуна амалиётҳои қимат ба монанди поракунии, агломератсия ва дигар корҳои тайёркунӣ ихтисор шуда, маъдан дар майдони ишқоронӣ рост аз кон бе ягон тайёркунӣ, ворид мешавад. Ҷудошавии тилло дар ин ҷо камтар аст, вале сарфақории асосӣ ва хароҷотҳои истеҳсоли ин камбудиро пӯшонидани имконияти коркарди маъданро ғайраҷор мекунад, ки дар фабрика бо усули ишқоронии ҷанавӣ, ғайраҷор нест.

Мавзӯи рисолаи диссертатсионӣ дар мувофиқа бо нақшаи КИТ-и Институти кимиё ба номи В.И.Никитини Академияи илмҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон «Асосҳои илмӣ технологияи коркарди бепартов ва партовҳои

саноатӣ» (ҚД № 0106ТД415) солҳои 2006-2010; «Асосҳои физикӣ-химиявӣ ва технологии коркарди ашёҳои минералӣ ва партовҳои саноатӣ» (ҚД № 0102ТД927) солҳои 2011-2015. ва «Нақшаи дастовардҳои илмӣ-техникӣ мебошад дар истеҳсолоти саноати Чумхурии Тоҷикистон дар солҳои 2010-2015».

Мақсад ва вазифаҳои рисолаи диссертатсионӣ. Омӯзиши асосҳои физикӣ-химиявӣ ва технологии коркарди маъданҳои душворкоркард ва камҳосили Тоҷикистон, ки ба бехатарии муҳити атроф мусоидат карда, пура ва комплексӣ истифодабарии ашёи минералиро зиёд мекунад.

Дар робита бо мақсади гузошташуда, вазифаҳои асосии таҳқиқот инҳо мебошанд:

- омӯзиши кинетикаи ҳалшавии тилло, нуқра ва мис дар системаи сианидӣ ва аммиачӣ-сианидӣ ва коркарди нақшаи технологӣ бо баҳодихии истифодабарии он дар саноати истеҳсоли тилло;

- муққарар кардани асосҳои физикӣ-химиявии технологияи хлорбуғронкунии концентрати тилло арсендор барои интихоби оптималии тартиботи раванд бо минбаъд сианонии маводи пухташуда;

- таҳқиқоти физикӣ-химиявии қонуниятҳои ишқоронии концентрат бо кислотаи нитрат барои тозакунии арсен бо минбаъд сианонии маводи ишқоронидашуда;

- муайян кардани қонуниятҳои кинетикаи равандҳои таҳқиқшаванда ва таъсири ҳарорати тартибот ба кинетикаи ишқоронӣ ва хлорбуғронкунии компонентҳои асосии маъдани тиллодор;

- муайян кардани таркиби физикӣ-химиявии маҳсулоти аввалия ва ниҳонии коркарди ашёи тилло ва арсендор;

- коркарди технологияи ишқоронии тилло бо тиомочевина ва тиосульфат аз маъданҳои тилло ва сулфурдорӣ душворкоркард ва концентратҳои кони Чоре ва Тарор;

- коркарди технологияи маъданҳои тиллодори камҳосил ва берун аз кон;

- имконияти таҳқиқоти истифодабарии модели математикӣ барои муайян кардани параметрҳои оптималии тартиботи тӯдаи (партов) ишқоронӣ;

- гузаронидани таҷрибаи саноати раванди коркардшудаи тӯдаи (партовӣ) ишқоронии тилло аз маъданҳои камҳосил ва берун аз кон.

Навгониҳои илмии рисола инҳоро дар бар мегирад:

- асосҳои химиявӣ-технологии параметрҳои раванди ҷудошавии тилло, нуқра ва мис ҳангоми хлорбуғронкунии концентратҳои душворкоркард бо истифода ба сифати хлоридҳо NaCl , CaCl_2 ва омехтаи онҳо муққарар ва нақшаи принципалии коркарди онҳо тавсия карда шудааст;

- асосҳои илмӣ-технологии раванди вайроншавии концентрати тилло, мис ва арсендор дар кислотаи нитрат омӯхта шудааст. Дар асоси омӯзиш маълумотҳои кинетикии имконияти механизми гузариши раванди ҷудошавии концентрат дар кислотаи нитрат муайян карда шуда ва нақшаи принципалии технологияи объекти таҳқиқшаванда бо ба даст овардани тилло ва мис коркард карда шудааст;

- бори аввал имконияти истифодабарии ишқоронии тиокарбамид ва тиосульфат барои ҷудокунии тилло ва нукра аз маъдан ва концентратҳои муракаби Тоҷикистон нишон дода шудааст. Имконияти тозакунии арсен аз маҳлул омӯхта шудааст;

- бори аввал шароити ишқоронии партовҳои (тӯдаҳо) маъдани тиллодорӣ камҳосили конҳои Ҷилав, Олимпикӣ, Ҷилави Шимолӣ ва Хирсхона таҳқиқ карда шудааст;

- модели математикии раванди тӯдаи (партовӣ) ишқоронӣ коркард карда шудааст, ки имконият ва назорати параметрҳои раванди технологиюро дар тамоми лаҳзаи вақти супоришшуда, пешгӯӣ карда метавонад;

- дар асоси натиҷаҳои таҳқиқоти гузаронидашуда 5 Нахустпатенти Ҷумҳурии Тоҷикистон ба даст оварда шудааст.

Аҳамияти амалии натиҷаи рисола:

1. Технологияи хлорбуғронкунии тилло ва нукра аз концентратҳои муракаб коркард шуда, шароити параметрҳои оптималии раванд муайян карда шудааст. Нишон дода шудааст, ки ҷудошавии тилло ва нукра ҳангоми хлорбуғронкунии дар давоми 1-2 соат ба 95-99 % мерасад;

2. Асосҳои химиявӣ-технологии коркарди концентрати тилло, мис ва арсендор дар кислотаи нитрат бо минбаъд ҷудошавии тилло аз кеки ишқоронидашуда бо усули сианонӣ, муқарар карда шудааст. Тарзи кушодани концентратҳои коркардшуда бо нишондодҳои баланди технологӣ фарқ мекунад, яъне захрнокии кам нисбат ба оксидкунии концентратҳо бо пухтан, ки дар ин вақт газҳои арсендор ба муҳити атроф хориҷ намешаванд;

3. Таҳқиқоти раванди ҷудошавии тилло ва нукра аз маъдан ва концентратҳои муракаби арсендор бо усули ишқоронии тиокарбамид ва тиосульфат гузаронида шудааст. Дар асоси таҳқиқотҳои гузаронида шуда шароити оптималии ишқоронии тилло аз маъдан бо тиокарбамид ва тиосульфат ва концентратҳои флотатсионии пухташуда муайян карда шудааст;

4. Дар ҶДММ КМ «Зарафшон» санчиши нимисаноатӣ ва саноатии тӯдаи (партовӣ) ишқоронӣ дар маъданҳои конҳои гуногун гузаронида шудааст, ки дар натиҷа дараҷаи ҷудошавии тилло ба 69 % расидааст. Арзиши 1 грамм тиллои ҳосилшуда 10,4 доллари ИМА-ро ташкил додааст. Фоида дар як сикли таҷрибаи истехсолӣ баробар ба 45298 долларӣ ИМА-ро ташкил додааст;

5. Модели математикии раванди тӯдаи (партовӣ) ишқоронӣ ҳисоб карда шуда, истифодабарии он дар марҳилаи лоиҳаҳои кори конҳои Ҷилав, Ҷилави Шимолӣ ва Олимпикӣ тавсия дода шудааст.

Натиҷаи корҳои таҳқиқотӣ дар санадҳои таҷрибавӣ нимисаноатӣ ва саноатӣ ва раванди таълим оиди истифодабарии он қайд карда шудааст:

- санадҳои дар истехсолот ҷорӣ ҶДММ КМ «Зарафшон», таҷрибаи нимисаноатӣ ва саноатии тӯдаи (партовӣ) ишқоронӣ аз маъданҳои гуногуни Тоҷикистон дар солҳои 2003-2005;

- санад оиди истифодабарии натиҷаи корҳои таҳқиқотӣ дар ҶДММ КМ «Зарафшон» аз 02.05.2013 с.;

- санад оиди истифодабарии натиҷаҳои рисола дар раванди таълим

дар Донишгоҳи миллии Тоҷикистон аз 02.03.2015 с.

Мазмуни асосии рисола, ки дар ҳимоя пешкаш мегардад:

- аз рӯйи муайянкунии натиҷаҳои таҳқиқоти асосҳои қонуниятҳои кинетикии ҳалшавии тилло, нукра ва мис дар маҳлулҳои сианидӣ ва аммиачӣ-сианидӣ;

- натиҷаи таҳқиқоти химиявӣ-технологии равандҳои бо ҳамтаъсирикунӣ концентратҳои тиллодор бо хлоридҳои гуногун ҳангоми хлорбуғронкунӣ;

- натиҷаи таҳқиқоти асосҳои химиявӣ-технологии тарзи бо кислотаи нитрат кушодани концентратҳои тилло, мис ва арсендор;

- натиҷаи омӯзиши объектҳои таҳқиқшаванда бо усулҳои физикӣ-химиявӣ;

- натиҷаи таҳқиқоти самаранок истифодаи ҳалкунандаҳои ғайрисианидӣ барои ҷудокунии тилло ва нукра аз маъдан ва концентрати душворкоркарди тиллодор;

- таҳқиқоти масъалаи раванди интенсификатсионӣ дар кубур ва тӯтаи (партовӣ) ишқоронии маъданҳои конҳои гуногуни камҳосил ва берун аз кон;

- моделронии раванди тӯдаи (партовӣ) ишқоронии маъданҳои гуногун.

Дараҷаи саҳеҳият ва баррасии рисола. Дараҷаи саҳеҳияти натиҷаҳои рисола, хулосаҳо ва тавсияҳо бо истифодаи усулҳои таҳқиқоти муосири физикӣ-химиявӣ тасдиқ шуда, маълумотҳои зиёди озмоишгоҳӣ ва саноатӣ, коркарди баҳисобгирӣ ва модели математикалии раванди технологияи зерин, асос шуда метавонад.

Натиҷаҳои асосӣ ва хулосаҳои рисолаи диссертатсионӣ дар конферонсҳои илмии зерин муҳокима ва баррасӣ гардидаанд: Конференции молодых ученых «Химия в начале XXI века», (г.Душанбе, 2000г.); Республиканской конференции «Молодые ученые и современная наука», (г.Душанбе, 2003г.); Республиканской конференции «Прогрессивные технологии разработки месторождений и переработки полезных ископаемых, экологическое аспекты развития горнорудной промышленности» (г.Душанбе, 2005г.); Международной конференции «Современная химическая наука и ее прикладные аспекты», (г.Душанбе, 2006г.); Международной конференции «Перспективы развития науки и образования в XXI веке», (г.Душанбе 2008г.); Республиканской конференции «Горные, геологические, экологические аспекты и развитие горнорудной промышленности в XXI веке», (г.Душанбе, 2010г.); Международной конференции «XII-ая Национальная конференция с международным участием по открытой и подводной добыче полезных ископаемых», (Варна, Болгария 2011г.); Республиканской конференции «Современные проблемы химии, химической технологии и металлургии», (г.Душанбе, 2011г.); Международной конференции «Applied and Fundamental Studies. 1st international Academic conference. St. Louis, Missouri», (USA, October, 2012г.); Международной конференции «Передовые технологии на карьерах», (г.Бишкек, 2012г.); XV, XVI Балканских конгрессах по обогащению полезных ископаемых (Болгария, 2013г.; Белград, Сербия, 2015г.); Между-

народной конференции «По открытой и подводной добыче полезных ископаемых. Варна», (Болгария, 2013г.); Республиканской конференции «Перспективы инновационной технологии в развитии химической промышленности Таджикистана», (г.Душанбе, 2013г.); Республиканской конференции «Комплексная переработка местного сырья и промышленных отходов», (г.Душанбе, 2013г.); Международной научно-практической конференции «Комплексный подход к использованию и переработке угля», (г.Душанбе, 2013г.); Республиканской научно-практической конференции «Внедрение наукоёмкой техники и технологий в производство», (г.Душанбе, 2013г.); Республиканской конференции «Перспективы инновационной технологии в развитии химической промышленности Таджикистана», (г.Душанбе, 2013г.); 5-й Международной научно-практической конференции «Всемирная торговая организация: Развитие науки, техники и образования», (г.Душанбе, 2014г.). Республиканской конференции «Актуальные проблемы современной науки», посв. 70- летию Победы в Великой Отечественной Войне, филиал Национального исследовательского технологического университета «МИ-СиС» в городе Душанбе (г.Душанбе, 2015г.); Международной научно-практической конференции, посв. 1150-летию Абу Бакра Мухаммада ибн Закария Рази, (г.Душанбе, 2015г.); Республиканской научно-практической конференции «Технология комплексной переработки полезных ископаемых Таджикистана», посв. 25-ти летию Государственной независимости Республики Таджикистан, (г.Чкаловск, 2016г.); Республиканской научно-практической конференции «Проблемы материаловедения в машиностроении Республики Таджикистан», (г.Душанбе, 2016г.); Международной научно-практической конференции «Проблемы разработки месторождений полезных ископаемых», (г.Чкаловск, 2016г.); Международной научной конференции «Роль молодых учёных в развитии науки, инноваций и технологий», посв. 25-летию государственной независимости Республики Таджикистан», (г.Душанбе, 2016г.); VII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Перспективы развития технологии переработки углеводородных и минеральных ресурсов», (г.Иркутск, 2017г.).

Саҳми шахсии муаллиф ин ҳалли вазифаҳои гузошташудаи илмӣ, банақшагири ва гузаронидани корҳои озмоишгоҳӣ, таҷрибаҳои нимисанотӣ ва саноатӣ, таҳлил ва ҷамбасти кардани натиҷаҳои эксперименталӣ, коркарди математикии натиҷаҳои ба даст омада мебошад.

Интишорот. Натиҷаҳои асосии рисолаи диссертсионӣ дар зиёда аз 90 интишороти илмӣ, аз ҷумла 27 мақола дар маҷаллаҳои тақризии бонуфуз, ки КОА-и назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон тавсия намудааст, 5 Нахустпатенти Ҷумҳурии Тоҷикистон гирифта шуда, инчунин дар монографияи илмӣ ва китоби дарсӣ ба ҷоп расонида шудааст.

Сохтор ва ҳаҷми кор. Маводҳои диссертасия 315 саҳифаи матни компютериеро дар бар гирифта, аз 109 ҷадвал ва 72 расм иборат мебошад. Рисола аз сарсухан, ҷор боб, баррасии теъдоди адабиёти истифодашуда иборат аз 240 номгӯй, хулосаҳо ва замимаҳо иборат аст.

МАЗМУНИ АСОСИИ РИСОЛА

Дар мукаддима мубрам будани мавзӯи диссертатсия, мақсад ва масъалаҳои таҳқиқшаванда, навғониҳои илмӣ ва аҳамияти амалӣ муайян ва асоснок, карда шудааст.

Дар боби аввали диссертатсия маълумотҳои адабиётӣ ва патентӣ аз рӯйи таснифи маъданҳои тиллодор ва тарзи коркарди маълуми онҳо оварда шудааст.

Дар асоси баҳодиҳии маълумотҳои ба нашр расида, ба тартиббории вазифаҳо барои ҳалли масъалаҳои техникӣ коркарди технологияи босамар барои ба истехсолот ҷалб кардани маъдани душворкоркарди конҳои Тарор ва Чоре, инчунин маъданҳои камҳосил ва берун аз кони Ҷилав, Ҷилави Шимолӣ, Олимпикӣ ва Хирсхона шудааст.

Дар боби сеюм натиҷаҳои таҳқиқот аз рӯйи муайянкунии асосҳои қонуниятҳои кинетикии ҳалшавии тилло, нукра ва мис дар маҳлулҳои сианидӣ ва аммиачӣ-сианидӣ, натиҷаҳои таҳқиқӣ босамар истифодаи ҳалкунандаҳои ғайрисианидӣ барои ҷудокунии тилло ва нукра аз маъдан ва концентратҳои тиллодори душворкоркард оварда шудааст.

Боби саввум ба таҳқиқоти равандҳои боҳамтаъсиркунии концентратҳои тиллодор бо хлоридҳои гуногун ҳангоми хлорбуғронкунӣ, коркарди технологияи хлорбуғронкунии тилло ва нукра аз концентратҳои душворкоркард ва шароити оптималии параметрҳои раванд технологӣ ва натиҷаи асосҳои таҳқиқоти физикӣ-химиявӣ кушодани концентратҳои тилло, мис ва арсендор бахшида шудааст.

Дар боби чорум натиҷаҳои таҳқиқоти раванди сермахсули дар кубур ва тӯдаи (партовӣ) ишқоронии маъданҳои камҳосил ва берун аз конҳои гуногун, натиҷаи таҷрибаи нимисаноатӣ ва саноатии раванди коркард шуда ва моделронии раванди тӯдаи ишқоронии маъданҳои гуногун оварда шудааст.

Рисолаи диссертатсионӣ бо хулосаҳои умумӣ, рӯйхати адабиётҳои истифодашуда ва замимаҳо ба итмом мерасад.

ИШҚОРОНИИ СИАНИДӢ ВА АММИАЧӢ-СИАНИДИИ ТИЛЛО ВА НУҚРА АЗ МАЪДАНҲОИ КОНҲОИ ГУНОГУНИ ТОҶИКИСТОН

Усули асосии коркарди маъданҳои тиллодор дар таҷрибаи ҷаҳонӣ ин ишқоронии сианидӣ мебошад. Самаранокии сианид дар муносибат ба тилло ва нукра, инчунин якҷоякунии равандҳо дар ҳалшавӣ ва таҳшиншавии металлҳои асил, технологияи сианонии маъданҳои тиллодорро, хеле фоиданок мекунад.

Коркарди маъданҳои тилло, мис ва арсендор ба худ масъалаи душвори технологиро нишон медиҳад. Коркарди ингуна маъданҳо дар асоси коркард бо усули сианонӣ баъди қаблан механикӣ (майдакунӣ), химиявӣ (ишқоронӣ) ё ин ки термохимиявӣ (пухтан) кушодани тилло ва нукра дар минералҳои мувофиқи муттаҳидгашта самаранок шартан мумкин аст.

Дар шароити озмоишгоҳ таҳқиқот оиди ишқоронии тилло ва нукра аз маъданҳои гуногуни Тоҷикистон бо усули сианонӣ гузаронида шуда ва асосҳои физикӣ-химиявӣ қонуниятҳои ҳалшавии тилло, нукра ва мис дар маҳлулҳои сианидӣ, муайян карда шудааст. Маъдани конҳои Тарор, Чоре,

Цилав, Хирсхона, Олимпикӣ, Цилави Шимолӣ ва Мосариф таҳқиқ карда шудааст.

Қаҷхатаи кинетикии ишқоронии тилло ва нукра аз маъдани конҳои гуногун дар расми 1 нишон дода шудааст. Чӣ тавре, ки аз расм дида мешавад аз маъдани конҳои Цилав, Цилави Шимолӣ, Хирсхона, Олимпикӣ ва Мосариф дар 8 соати сианонӣ тилло аз 64 то 80 % ҷудо шудааст. Бо гузариши вақт тилло ба маҳлул гузашта ва дар 30 соат, дараҷаи ҷудошавии тилло ба 75 – 93 % мерасад. Ҳамин тавр, бо усули сианонӣ тилло аз маъдани ин конҳо, мумкин аст босамар ҷудо шавад.

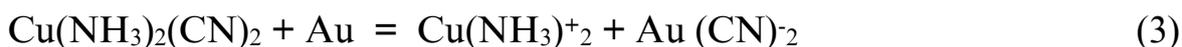
Ҳангоми коркарди маъдани кони Тарор баъди 30 соати сианонӣ дар маҳлул 51 % тилло ҷудо шудааст. Ҳангоми сианонии маъдани кони Чоре дар 24 соат дар маҳлул ҳамагӣ 31 % тилло ҷудо шудааст. Зиёд кардани давомнокии ишқоронӣ то 30 соат нишондодҳои раванди технологиро беҳтар накардааст.

Сабаби ғайриқаноатбахш ҷудо шудани тилло дар он аст, ки тилло хеле тунук дисперсионӣ бо минералҳои сулфидӣ банд мебошад. Ингуна тунукии тилло сабаби душворкоркардии ҳамингуна маъданҳо мебошад. Самаранокии коркарди ҳамин гуна маъданҳо технологияи душвор ва ҳамоҳангии рушдэфтаро тақозо менамояд.

Яке аз усулҳои коркарди маъданҳои мисдор ин ишқоронии аммиачии мис мебошад. Ин дар асоси гузариши реаксияҳои зерин асос меёбад:

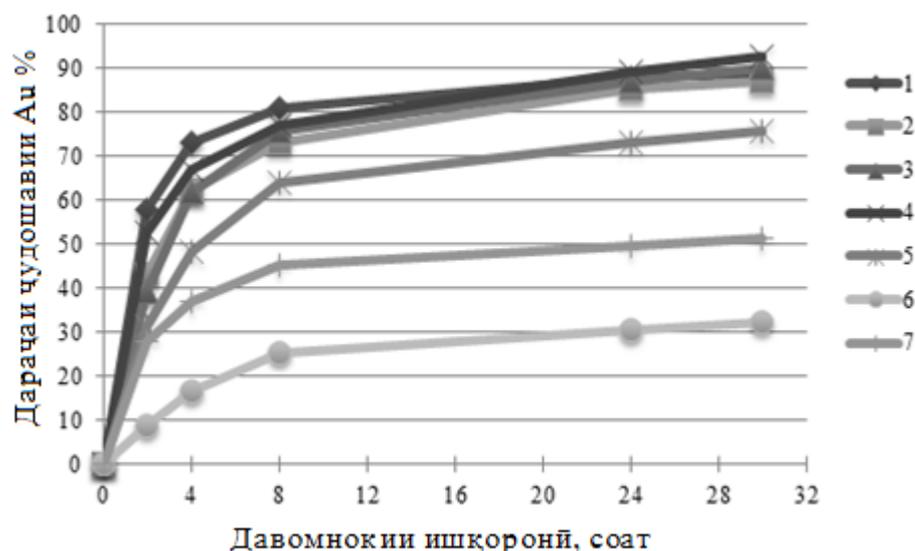


Яке аз сабабҳои имконияти босамар - ишқоронии тилло ва мис дар маҳлулҳои аммиачӣ-сианидӣ ин дар ингуна шароит ба вучуд омадани комплекси миси ҳалшаванда $\text{Cu}(\text{NH}_3)_2(\text{CN})_2$, ки ба тиллои металлӣ таъсир расонида аз рӯйи реаксияи зерин мегузарад:

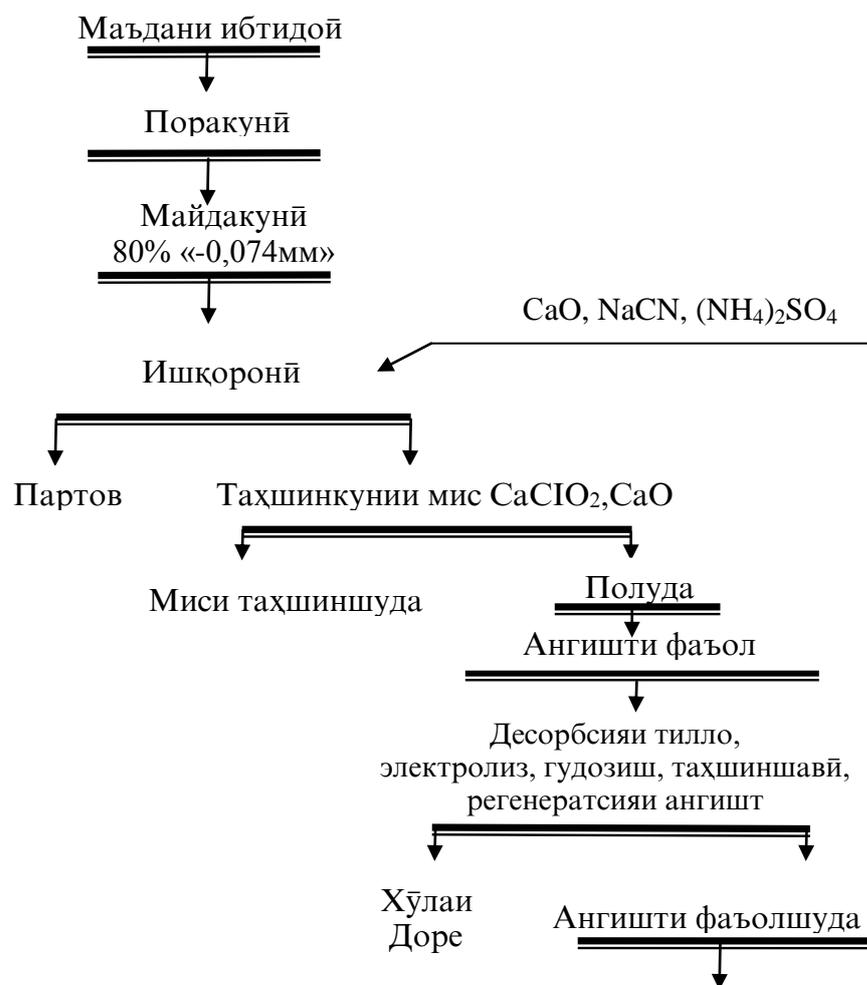


Таҳқиқоти муқоисавӣ аз рӯйи ишқоронии тилло, нукра ва мис аз маъданҳои оксидшудаи сатҳи болоии кони Тарор бо усули сианонӣ ва иштироки сульфати аммоний гузаронида шудааст. Раванди сианонӣ бо иштироки сульфати аммоний ҳангоми риоякунии параметрҳои оптималии коркарди зерин: давомнокӣ – 24 с; консентратсияи NaCN – 0,014 мол/л, консентратсияи $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ – 0,076 - 0,174 мол/л, Ж:Т = 1,5:1, гузаронида шудааст.

Натиҷаи таҳқиқотҳои гузаронидашуда имконияти ғайриқаноатбахш истифодабарии маҳлулҳои аммиачӣ-сианидиро нишон медиҳад, зеро дар ин ҳолат ҷудошавии тилло то 74-82 %-ро дар консентратсияи гуногуни сианидӣ дар муқоиса бо ҳалшавӣ дар маҳлули сианидӣ, ки 55 %-ро ташкил, додааст иббот мекунад. Нақшаи технологияи тавсияшудаи ишқоронии маъдани оксидии тилло, мис ва арсендорӣ кони Тарор дар расми 2, нишон дода шудааст.



Расми 1 – Қаҷхатаи кинетикии сианидӣ ишқоронии тилло аз маъдани конҳои зерин: Ҷилав - 1, Хирсхона - 2, Олимпикӣ- 3, Ҷилави Шимолӣ - 4, Мосариф - 5, Чоре - 6, Тарор - 7.



Расми 2 – Нақшаи принципалии технологияи ишқоронии маъданҳои оксидии тилло, мис ва арсендорӣ кони Тарор.

ТАҲҚИҚОТИ ҲАЛКУНАНДАҶОИ ҒАЙРИСИАНИДИИ МЕТАЛЛҶОИ АСИЛ

Омӯзиши ва коркарди технологияи ишқоронии тиомочевина тилло ва нукра аз маъдани концентратҳои конҳои Чоре ва Тарор

Яке аз масъалаи муҳим дар корхонаҳои тиллоистеҳсолкунанда ин экология мебошад. Бо ин мақсад таҳқиқот аз рӯи имконияти истифодабарии ҳалкунандаҳои ғайрисианидии тилло ҳангоми коркарди маъдани конҳои Чоре ва Тарор гузаронида шуд.

Ишқоронии тиокарбамидӣ ҳамчун раванди дурнамои гидрометаллургии ҷудошавии тилло ба шумор меравад. Барои гузариши ин раванд оксидкунандаи босамар зарур аст, ки қобилияти тиллои металиро ба намуди ионӣ бароварда, қимати пасти рН-ро нигоҳ дошта, бо мақсади пешгирии кардан аз вайроншавии тиллои комплексириро зоҳир намояд.

Ин ҳангоми ворид кардани кислотаи сулфат ва оксидкунанда ба раванди технологӣ мегузарад.

Ҳалшавии тилло дар тиомочевина аз рӯи реаксияи зерин мегузарад:

$$\text{Au}^0 + 2\text{CS}(\text{NH}_2)_2 + \text{Fe}^{3+} = \text{Au}[\text{CS}(\text{NH}_2)_2]^+ + \text{Fe}^{2+} \quad (4)$$

Ин раванд дар маҳлули кислотагӣ гузашта барои нигоҳ доштани комплекси тиллои тиокарбамидӣ, ки ҳангоми рН < 4 будан устувор аст. Ба нақши оксидкунанда Fe^{3+} иштирок карда бо бавучудоии комплекси $\text{Fe}(\text{ThiO}_2)^{3+}$ ё $[\text{Fe}(\text{SO}_4) \cdot \text{CS}(\text{NH}_2)_2]^{2+}$, ки аз рӯи реаксияи зерин мегузарад.

$$\text{Au} + n\text{ThiO} + [\text{Fe}(\text{ThiO})_2]^{3+} = [\text{Au}(\text{ThiO}_2)]^+ + [\text{Fe}(\text{Thi})_n]^{2+} \quad (5),$$

Дар ин ҷо ThiO – тиокарбамид $\text{CS}(\text{NH}_2)_2$.

Таҳқиқот бо ишқоронии тиомочевина тилло ва нукра аз маъдани кони Чоре гузаронида шуд. Дар муҳити кислотагӣ бо иштироки оксидкунанда натиҷаи мусбӣ ба даст оварда нашуд (ҷадвали 1).

Бо мақсади хуб кардани раванди ишқоронии тиомочевина намунаи маъданро ба пухтан дар ҳароратҳои 200 – 600 °C дар давоми 2 соат дучор карда шуд.

Ҷадвали 1 – Ҷудошавии металлҳо ҳангоми ишқоронии тиомочевина аз аз маъданҳои кони Чоре

№ таҷриба	Концентратсияи $\text{H}_2\text{O}_2(30\%)$, %	рН	Коркарди пешакӣ	Дараҷаи ҷудошавӣ, %		
				Au	Ag	As
1	0,7	4,3	бе коркард	30,60	41,17	4,76
2	0,7	3,2	H_2SO_4 1,2 %	42,27	51,41	4,85
3	0,7	4,2	пухташавӣ дар 200 °C	31,52	42,08	4,79
4	0,7	2,9	пухташавӣ дар 400 °C	35,93	45,50	3,5
5	0,7	2,5	пухташавӣ дар 600 °C	89,0	98,09	80,18
6	0,7	1,5	пухташавӣ дар 600 °C + коркард бо кислота	91,21	96,94	81,09

Чӣ хеле, ки аз чадвал дида мешавад хангоми пухтан дар ҳарорати 600 °C бо минбаъд ишқоронии тиомочевина дар маҳлул Au – 89 %; Ag – 98,09 % ва As – 80,18 % дар вақти оксидшавӣ кушодашавии сулфидҳо рӯй дода, тилло аз он озод шуда бо ин маънидод мешавад. Баъди пухтан бо минбаъд коркард дар кислота давоми 2 соат имконияти ҷудошавии тилло зиёд мегардад. Дар ин маврид ҷудошавии металлҳо: Au – 91,21 %; Ag – 96,94 % ва As – 81,09 %-ро ташкил медиҳад.

Инчунин таҳқиқотҳои озмоишгоҳии раванди ишқоронии тилло бо тиомочевина аз маъдани кони Тарор, гузаронида шудааст. Натиҷаи таҷрибаҳои ишқоронии металлҳо бо тиомочевина дар чадвали 2 нишон дода шудааст. Чӣ хеле ки аз чадвал дида мешавад, зарурияти давомнокии раванди ҳалшавии металлҳои асил 24 соатро ташкил дода, вале гузаронидани раванд баъди пухтан дар 600 °C дараҷаи ҷудошавии компонентҳои асосиро таъмин менамояд, ки ин ҳолат дар ишқоронии маъдани кони Чоре хубтар аст.

Чадвали 2 – Ҷудошавии металлҳо хангоми ишқоронии тиомочевинаи маъдани кони Тарор

№ р/р	τ, с	рН кон.	Воридшавии реагентҳо г/дм ³			Концентратсия дар маҳлул, мг/дм ³			Дараҷаи ҷудошавӣ, %		
			CS(NH ₂) ₂	Fe ₂ (SO ₄) ₃	H ₂ SO ₄	Au	Ag	Cu	Au	Ag	Cu
Маъданҳои сулфидӣ											
1	8	5,0	7,5	10	92	0,780	1,832	342,5	21,5	17,2	5,4
2	8	1,2	7,5	10	184	1,547	3,840	480,1	42,7	36,1	7,7
3	24	1,2	7,5	10	184	1,608	3,734	530,0	44,4	35,1	8,5
Маъданҳои оксидӣ											
1	8	4,7	7,5	10	91	0,624	3,475	242,2	19,6	15,4	5,2
2	8	1,2	7,5	10	184	1,285	6,433	292,0	40,3	28,5	6,3
3	24	1,2	7,5	10	184	1,401	6,855	347,8	44,0	30,3	7,5
Маъданҳои сулфидӣ баъди пухташавӣ дар 600 °C											
1	8	4,7	7,5	10	184	3,718	11,52	1032,8	80,3	70,4	12,0
2	24	1,1	7,5	10	184	3,770	12,10	1269,4	81,4	73,9	14,8
Маъданҳои оксидӣ баъди пухтан дар 600 °C											
1	8	1,0	7,5	10	136,5	3,522	18,26	848,6	82,3	68,3	12,5
2	24	1,0	7,5	10	136,5	3,584	18,90	976,5	83,7	70,7	14,4

Эзоҳ: Шароитҳои умумӣ: - маъдани гирифташуда 100 г, таносуб М:С = 2:1, ҳарорати гузариши раванд 20 °C.

Натиҷаи таҳлили маъдани ибтидоӣ: (сулфидӣ) -Au = 7,25 г/т, Ag = 17,96 г/т, Cu = 1,17 %, (баъди сӯзонидан дар 600 °C), - Au = 9,26 г/т, Ag = 32,73 г/т, Cu = 1,72 %, (оксидӣ) - Au = 6,37 г/т, Ag = 45,19 г/т, Cu = 0,93 %, (баъди пухтан дар 600 °C), -Au = 8,56 г/т, Ag = 53,49 г/т, Cu = 1,36 %.

Давомнокии раванди ишқоронӣ аз 8 то 24 соат натиҷаи мусбӣ надода, ҷудошавии тилло ҳамагӣ 1,1 – 1,4 %-ро ташкил дод. Дараҷаи ниҳии ҷудоша-

вии тилло ҳангоми $pH = 1$, дар давоми 24 соат чудошавии тилло ба 83,7 % афзоиш ёфт.

Дар чадвали 3 натиҷаҳои таҳқиқоти ишқоронии концентрати кони Тарор дар вобастагӣ аз вақт, оварда шудааст. Чӣ хеле, ки аз натиҷаҳои таҷриба дида мешавад, баъди кушодани сулфидҳо дар раванди сӯзонидан дар ҳарорати 600 °C ва озод шудани металлҳои асил чудошавии металлҳои асил хеле зиёд буда, тилло 86,2 % ва нуқра 70,8 %-ро ташкил дод.

Қайд кардан бамаврид аст, ки ҳангоми ишқоронии тиомочевина концентрати таҳқиқшавандаи напухтан чудошавии тилло хеле зиёд мебошад, ки эҳтимол ба ҳалшавии сулфидҳо дар кислотаи сулфат ва озодшавии тилло хос аст.

Чадвали 3 – Тағирёбии чудошавии металлҳо аз концентрат дар вобастагӣ аз давомнокии ишқоронӣ

№ р/р	τ, с	pH	Воридшавии реагентҳо, г/дм ³			Концентратсия дар маҳлул, мг/дм ³			Дарачаи чудошавӣ, %		
			CS (NH ₂) ₂	Fe ₂ (SO ₄) ₃	H ₂ SO ₄	Au	Ag	Cu	Au	Ag	Cu
1	8	1,3	20	13	30	8,093	51,68	29286,7	73,7	62,1	39,5
2	24	0,9	20	13	30	8,129	51,59	30622,3	74,6	62,0	41,3
3	24	1,1	20	6,5	36	8,079	50,48	38369,5	74,1	60,7	43,5
Концентрат баъди пухташавӣ дар ҳарорати 600 °C											
1	24	1,1	20	13	24	16,926	71,096	42977,0	85,6	71,1	48,7
2	16	1,0	20	13	24	17,046	70,846	39896,5	86,2	70,8	45,2
3	24	1,0	20	6,5	24	14,925	62,324	28360,0	75,5	62,3	32,1

Чӣ хеле, ки аз натиҷаҳои таҳқиқот дида мешавад, баъди пухтани концентрат чудошавии металлҳои асил дар маҳлул назар ба концентрати ибтидоӣ зиёда аз 60 % мебошад.

Инчунин таҳқиқот оиди ишқоронии тиомочевина тилло ва нуқра аз концентратҳои маъдани кони Чоре дар шароитҳои: концентрати гирифташуда 50 г, таносуби М:С = 3:1, ҳарорати гузариши раванд 20 °C анҷом дода шудааст. Дар чадвали 4 натиҷаҳои ишқоронии тиомочевинаи металлҳо аз флотоконцентратҳои ибтидоӣ ва баъди пухтан нишон дода шудааст.

Нейтрализатсияи маҳлулҳо баъди ишқоронӣ ҳангоми омехтакунии механикӣ ва сусти ворид кардани нейтрализаторҳо (маҳлули оҳақоб ва сулфиди натрий), гузаронида шудааст. Чӣ хеле, ки аз чадвали 5 дида мешавад, ҳангоми $pH = 2,8 - 3,2$ аз полуда мумкин аст ҳамаи оҳан ва арсенро таҳшин кард.

Ҳамин тавр, дар асоси таҳқиқотҳои гузаронидашуда шароити оптималии ишқоронии тиокарбамидии концентратҳои флотатсионие, ки аз маъдани кони Чоре ба даст омадааст, чунин муайян карда шудааст:

харочоти тиомочевина – 22 кг/т, кислотаи сулфат – 30 кг/т, таносуи С:М – 1:3, харочоти сулфати оҳани севалента – 9 кг/т ва оҳак – 48 кг/т (барои тозакунии полуда аз арсен ва оҳан), давомнокии ишқоронӣ – 10 с.

Ҷадвали 4 – Ҷудошавии металлҳои ҳангоми ишқоронии тиомочевинаи концентрати кони Чоре

№ р/р	τ, с	рН кон.	Воридшавии реагентҳо, г/дм ³			Концентратсия дар маҳлул, мг/дм ³			Дараҷаи ҷудошавӣ, %		
			CS(NH ₂) ₂	Fe ₂ (SO ₄) ₃	H ₂ SO ₄	Au	Ag	As	Au	Ag	As
1	4	2,5	7,3	3	18,4	4,588	8,288	19968,8	24,96	35,42	6,54
2	6	2,0				5,188	8,953	22014,5	28,22	38,26	7,21
3	8	1,9				5,099	5,099	9,007	27,74	38,49	7,27
Концентрат баъди пухтан дар ҳарорати 600 °С											
1	6	2,0	7,3	3	18,4	15,514	18,770	20372,9	89,78	89,24	75,83
2	8	2,7				15,597	18,697	20372,9	90,26	88,47	75,83
3	10	1,9				15,661	18,906	20641,7	90,63	89,46	76,83

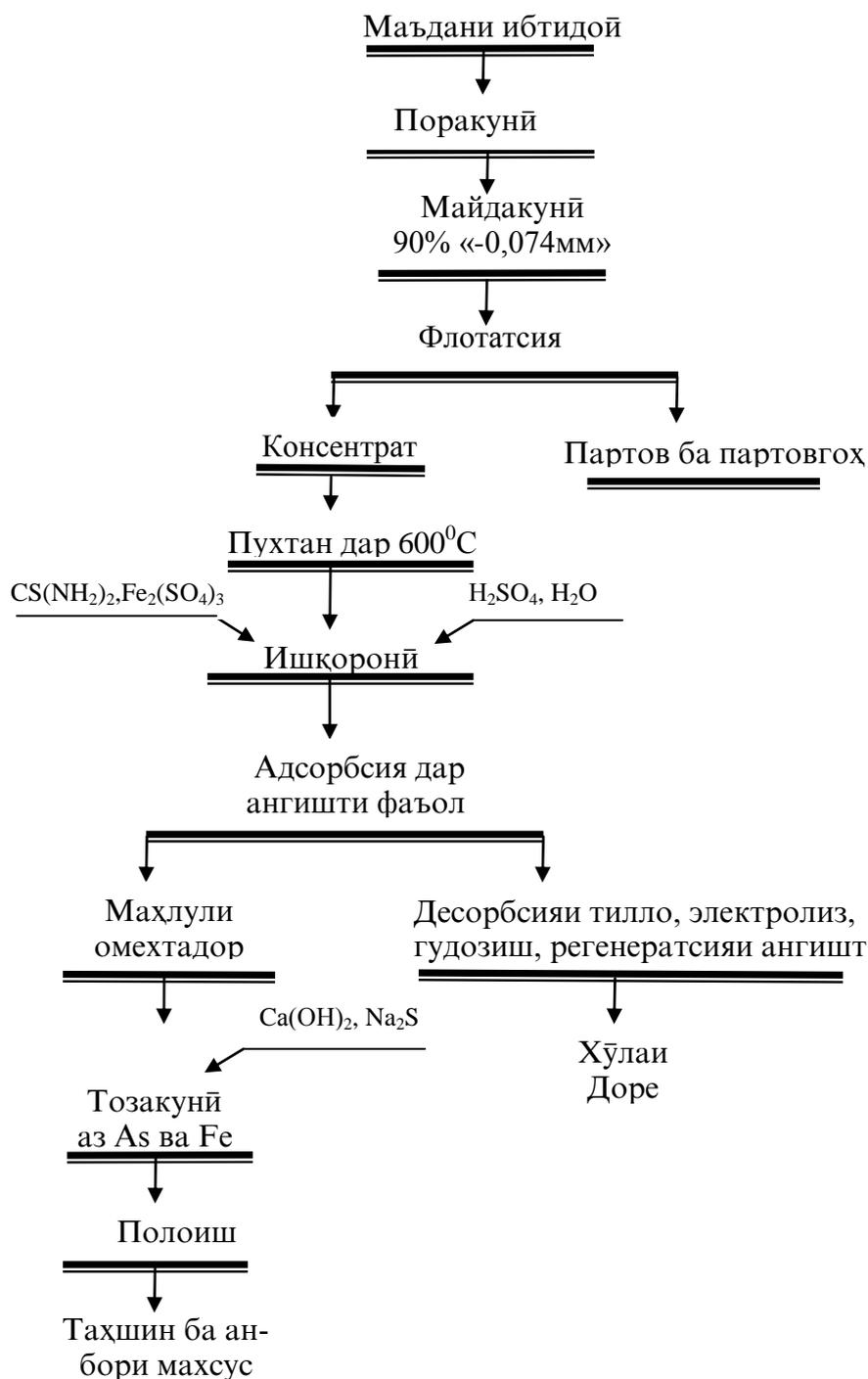
Ҷадвали 5 – Натиҷаҳои таҷриба аз рӯйи тозакунии маҳлул аз оҳан ва арсен

Ҳаҷми полуда, мл	Харочоти маҳлул, мл		рН	Микдор, мг/дм ³				Дараҷаи тозакунии, %	
	Ca(OH) ₂	Na ₂ S		То тозакунии		Баъди тозакунии			
				Fe	As	Fe	As	Fe	As
50	4	1	2,9	50260	20140	14827	5196	70,5	74,2
50	6	1,5	3,2			9398	3484	81,3	82,7
50	8	2	3,0			5026	1108	90,0	94,5
50	10	2,5	2,8			3870	1007	92,3	95,0

Аз рӯйи таҳлили натиҷаҳои назариявӣ ва амалии таҳқиқоти ишқоронӣ хулоса баровардан мумкин аст, ки имконияти босамар истифодабарии ишқоронии тиокарбамидии металлҳои асил аз концентратҳои кони Чоре ва Тарор мавҷуд аст.

Дар расми 3 нақшаи принципалии технологияи коркарди концентратҳои тилло ва арсендори кони Чоре нишон дода шудааст.

Нақшаи коркардшуда равандҳои поракунӣ, майдакунии маъдан то андозаи 90 % синфи «–0,074 мм», флотатсия бо ҳосилшавии концентратро дар бар мегирад. Концентратро ба пухтан дар ҳарорати 600 °С бо минбаъд ишқоронии тиомочевинӣ ва аз маҳлули тиллодор барои ба даст овардани хӯлаи Доре амалӣ менамояд. Маҳлули омехтадор барои тозакунии аз арсен ва оҳан бо истифодаи Ca(OH)₂ ва Na₂S ворид карда мешавад. Таҳшинӣ бавучуд омада ба партовгоҳи махсус фристода мешавад.



Расми 3 – Нақшаи принципалии коркарди маъдан ва концентрати тилло ва арсендор бо истифодаи тиокарбамид.

Таҳқиқоти раванди ишқоронии тилло, мис ва арсендори концентратҳои кони Тарор бо тиосульфат

Яке аз ҳалқунандаҳои асосии металлҳои асил ин маҳлули камзаҳрнокӣ тиосульфати натрий мебошад. Тилло бо иони тиосульфат комплексӣ ба қадри кифоя устуворро $[Au(S_2O_3)_2]^{-3}$ ҳосил намуда, энергияи Гиббси бавучудодама – 1024,9 кҶ/молро ташкил дод ва бо ҷудошавии сулфур дар

ҳолати кислотагӣ низ ҳатто вайрон намешавад. Константаи ноустувории ин комплекс $4 \cdot 10^{-30}$ -ро ташкил медиҳад, бинобар ин потенциали стандартии оксидшавии тилло дар иштироки ионҳои SO_3S^{2-} то $+0,15$ В кам шуда ва оксидшавии тилло бо оксиген, ки гузариш ба маҳлул имконияти термодинамикиро дорад.

Раванди ҳалшавии тилло дар тиосульфат бо иштироки оксиген аз рӯйи реаксияи зерин ба монанди раванди сианонӣ мегузарад:



Эҳтимолияти термодинамикии гузариши реаксия хеле баланд ($\Delta G^0 = -96,5$ кДж/мол) буда, бо зиёдшавии ҳарорат меафзояд. Иони тиосульфат бо тилло хеле устувор мебошад.

Натиҷаҳои ишқоронии тиосульфати концентрат бо ҳосилнокии тилло 32,7 г/т, Ag – 249,5 г/т ва Cu – 26,4 %-ро оварда шудааст, ки пухташавӣ дар ҳарорати 600 °C дар давоми 2 соат анҷом дода шудааст.

Маълум аст, ки бисёр пайвастагиҳои комплекси металлҳои гузаранда ба дараҷаи баланди оксидшавӣ дар равандҳои гуногуни химиявӣ иштирок мекунанд. Оксидкунандаҳои босамар мумкин аст, ки комплекси аммиачӣ ва тиосульфатии мис ва кобалт шуда тавонанд. Инчунин бояд қайд намуд, ки илова кардани сульфати мис боиси ҳалшавии металлҳои асил дар маҳлули тиосульфатӣ аз ҳисоби қобилияти иони мис шуда, электрон аз қабати металл қабул карда ва онро ба оксиген медиҳад.

Натиҷаҳои силсилаи таҷрибаҳои ишқоронии тиосульфати концентрат дар зер оварда шудааст, ки бо мақсади муносиб кардани раванди ишқоронӣ сулфиди натрий ва инчунин сульфати мис илова шуданд. Ҳароротҳо $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 = 20 - 100$ г/дм³, $\text{Na}_2\text{SO}_3 - 30 - 80$ г/дм³, давомнокии раванд 24 – 48 с, таносуби С:М – 1:5, ҳарорати гузариши раванд 20 – 60 °C аст. Натиҷаҳои корҳои таҳқиқотӣ дар ҷадвали 6 нишон дода шудааст.

Ҳангоми истифодабарӣ ба сифати як ҳалкунанда тиосульфати натрий ё омехтаи онҳо бо сульфати натрий босамарии ками ишқоронӣ дида мешавад, ҷудошавии тилло дар 16 – 18 соат танҳо 52 – 68 %-ро ташкил медиҳад.

Таъсири мусбӣ дар раванди ишқоронии тиосульфат ин иловаи аммиак мебошад. Вале аз концентрати пухташуда танҳо тилло 70,8 % ҷудо шудааст. Зуд баландшавии суръати ҳалшавии тилло ҳангоми ишқоронии концентрат баъди пухтан ҳангоми концентратсияи аммиак 3 г/дм³ будан дараҷаи ҷудошавии тилло 90,4 %, нуқра 68,4 %, ва мис 38,7 %-ро ташкил додааст.

Иштироки аммиак дар композитсияи мис-тиосульфат маҳлулро аз вайроншавӣ ҳифз намуда, ҳалшавии деполяризатор-оксидкунандаро осон мекунад. Ҳалшавии тилло ҳангоми боҳамтаъсиркунӣ бо маҳлули тиосульфат бо комплекси аммиачии миси (II), бо реаксияи зерин нишон додан мумкин аст:



Ҷадвали 6 – Ҷудошавии металлҳо ҳангоми ишқоронии тиосульфатии концентрати кони Тарор

№ p/p	τ, с	pH	Воридшавии реагентҳо, г/дм ³				Концентратсия дар маҳлул, мг/дм ³			Дараҷаи ҷудошавӣ, %		
			Na ₂ S ₂ O ₃	Na ₂ SO ₃	CuSO ₄	NH ₃	Au	Ag	Cu	Au	Ag	Cu
1	24	7,5	20				2,766	20,9	7808,4	42,3	41,9	16,2
2	16	7,6	50				3,427	19,0	10459,4	52,4	38,1	21,7
3	24	7,2	50				3,571	20,1	11086	54,6	40,3	23,0
4	24	9,5	100				4,179	25,0	10314,8	63,9	50,2	21,7
5	24	8,0	30	30			4,218	26,3	12628,4	64,5	52,7	26,2
6	18	10,3	30	40			4,499	25,1	13688,8	68,8	50,3	28,4
7	48	9,5	60	80			4,454	25,7	13688,8	68,1	51,5	28,4
8	24	8,2	20	30	1		4,114	24,7	10025,6	62,9	49,5	20,8
9	24	8,4	20	40	1		3,930	25,0	14026,2	60,1	50,2	29,1
10	24	9,3	30	40	1		4,271	27,1	12869,4	65,3	52,4	26,7
11	24	9,0	30	40		4	4,401	25,8	13881,6	67,3	51,7	28,8
12	24	9,6	60	80		4	4,630	26,2	14701	70,8	52,5	30,5
Концентрат баъди пухташавӣ. Ҳарорат 60 °С												
1	24	8,7	30				6,025	18,7	6547,2	50,8	31,2	12,4
2	24	8,4	50				8,088	25,0	15787,2	68,2	41,7	29,9
3	48	8,2	100				8,515	25,4	16473,6	71,8	42,3	31,2
4	24	8,8	30	30			8,610	25,8	15628,8	72,6	43,0	29,6
5	24	9,3	30	40			9,630	27,4	15998,4	81,2	45,7	30,3
6	24	8,8	20	30	1		8,361	24,4	14731,2	70,5	40,6	27,9
7	24	9,3	20	40	1		8,942	23,9	13833,6	75,4	39,8	26,2
8	24	8,8	30	40	1		9,761	25,9	15681,6	82,3	43,2	29,7
9	24	9,3	30	40		1	9,690	37,3	18268,8	81,7	62,2	34,6
10	24	8,8	30	40		2	9,986	38,9	19060,8	84,2	64,8	36,1
11	24	9,0	30	40		3	10,721	41,0	20433,6	90,4	68,4	38,7
12	24	8,6	30	40		4	10,745	40,9	19113,6	90,6	68,2	36,2
13	24	8,7	30	40		5	10,543	40,0	16896	88,9	66,8	32,0

Иштироки аммиак дар ин система ба ҳалшавии оксиди оҳан, гилҳок, силикатҳо, карбонатҳо ва миқдори ками компонентҳои маъданҳои тиллодор монё мешавад. Чӣ хеле, ки аз муодилаи (7) дида мешавад, комплекси аммиачии миси (II) нақши оксидкунандагии тиллоро мебозад.

Ҳамин тавр, ишқоронии тилло бо тиосульфат аз концентрати флотатсионии кони Тарор мумкин аст, ки ҳамчун имконпазир ба раванди сианидӣ тавсия карда мешавад.

АСОСҶОИ ФИЗИКӢ-ХИМИЯВИИ ТЕХНОЛОГИЯИ ХЛОРБУҒРОНКУНИИ МЕТАЛЛҶО АЗ КОНСЕНТРАТ

Таҳқиқоти хлорбуғронкунии концентратҳои тилло, мис ва арсендор аз маъданҳои Тоҷикистон

Яке аз усулҳои коркарди концентратҳои душворкоркарди тиллодор ин усули буғгардонии тилло ба намуди хлоридҳои он мебошад, ки номи усули хлорбуғронкуниро гирифтааст. Ба сифати пайвастиҳои хлордор ҳангоми хлорбуғронкунии мумкин аст, ки хлориди натрий ва калсийи сахт ё хлори газмонанд истифода карда шаванд.

Моҳияти раванди хлорбуғронкунии тилло дар гарм кардани омехта ва намакҳои хлордор (хлориди натрий) аз 800 то 1000 °С мебошад. Ҳангоми 800 – 900 °С хлориди тилло хеле буғҳои чандирӣ (мустаҳкамӣ) зиёда аз 1 атм. Дорад.

Ҳангоми хлорбуғронкунии тилло аз рӯйи як чанд реаксияҳо мегузарад:

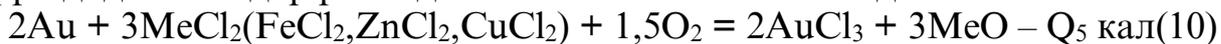
Реаксияи термикӣи вайроншавии хлориди калсий



Реаксияи гидролизи хлориди калсий бо иштироки гилҳо



Чунон чӣ хлориди оҳан, руҳ ва миси бавучудомада дар навбати худ хлорро дода ва он дар раванд бо тилло пайвасти мешавад:



Чӣ хеле, ки таҳқиқот нишон медиҳад, бо иштироки чинсбавучудоии минералҳо (SiO_2) бавучудоии AuCl аз рӯйи реаксияи зерин мегузарад:



Якҷоя бо тилло, нукра ва дигар металлҳо ба хлор пайвасти шуда ба фазаи газӣ мебарояд.

Аз назар гузаронидани адабиётҳо имконият дод, ки бо ин усули таҳқиқотро дар маъданҳои тиллодори Тоҷикистон гузаронидан мумкин аст.

Обекти таҳқиқшаванда ин концентратҳои тилло, мис ва арсендорӣ кони Тарор ва Чоре буда, ба сифати намакҳои хлордор хлоридҳои натрий ва калсий истифода карда шуданд.

Ба таҳқиқот концентрати мисдор, ки дар фабрикаи ғанигардонии КМ «Зарафшон» ҳангоми коркарди маъдани кам арсендор аз маъдани кони Тарор ҳосил карда шуда ва инчунин флотоконцентрате, ки дар шароити озмоишгоҳӣ аз маъдани кони Чоре ҳосил шудааст, анҷом дода шуд. Хлорбуғронкунии концентрат дар фосилаҳои ҳарорат аз 600 то 1000 °С ҳангоми давомнокии чараён аз 1 то 3 соат гузаронида шудааст.

Таҷрибаҳои хлорбуғронкунии концентрати кони Тарорро бо гудозае, ки дар таркибаш: тилло 43,8 г/т, нукра 107,9 г/т, мис 13,4 % ва арсен 0,22 %, бо маводи баркашидашуда 56 - 60 г (концентрат 50 г, хлориди натрий 6 - 10 г) дар ҳароратҳои 600, 700, 800, 900, 1000 °С дар давоми 0,5, 1, 2 ва 3 соат гузаронида шудааст.

Таъсири хлоридҳои гуногун NaCl , CaCl_2 ва омехтаи онҳо барои ҷудошавии тилло, нукра ва мис аз концентрат дар раванди хлорбуғронкунии таҳқиқот гузаронида шудааст. Дар ҷавали 7 натиҷаҳои таҷриба дар шаро-

итҳои оптимальии параметрҳои технологӣ ҳосил шуда, нишон дода шудааст. Чӣ хеле ки аз ҷадвал дида мешавад, ҷудошавии тилло, нукра ва мис аз намуди хлоридҳои истифода шаванда вобаста аст. Аз ҷама зиёд ҷудошавии металлҳо ҳангоми истифодабарӣ ба сифати пайвастигии хлордор CaCl_2 – 96,8 % ва дар ҳамин шароит ҳангоми истифодабарии NaCl ҷудошавии тилло ба 94,9 % мерасад. Инчунин босамар дар буғгардонӣ нукра ва мис ҷудо мешаванд.

Ҷадвали 7 – Хлорбуғронкунии концентратҳои тиллодори кони Тарор

Пай-вастиҳои хлордор	Параметрҳои асосии технологӣ				Натиҷаҳои хлорбуғронкунии							
	харороти хлоридҳо, %	t, °C	τ, с	харороти ҳаво, м³/с	миқдор дар маводи пухташуда, г/т				дараҷаи ҷудошавӣ, %			
					Au	Ag	Cu, %	As, %	Au	Ag	Cu	As
CaCl_2	16	1000	1	6	1,87	6,55	1,56	0,13	96,8	95,5	91,3	53,5
CaCl_2 + NaCl	16	1000	1	6	2,52	7,56	1,64	0,14	95,6	94,7	80,7	52,7
NaCl	16	1000	1	6	2,61	8,97	1,65	0,13	94,9	93,0	89,6	50,4

Таҷрибаҳои хлорбуғронкунии концентрат, ки аз маъдани кони Чоре ба даст омадааст, бо гудозае, ки дар таркибаш: тилло 60,30 – 57,40 г/т, нукра 73,25 – 69,76 г/т, ва арсен 14,71 – 14,01 % дорад бо маводи баркашидаи 29 – 27 г (концентрат 25 г, хлориди натрий 2 - 5 г) дар ҳароратҳои 600, 700, 800, 900, 1000 °C дар давоми 0,5, 1, 2 ва 3 соат гузаронида шудааст. Таъсири хлоридҳои гуногун NaCl , CaCl_2 ва омехтаи онҳо барои ҷудошавии тилло, нукра ва арсен аз концентрат дар раванди хлорбуғронкунии таҷрибаҳое, ки дар шароити оптимальӣ гузаронида шудааст дар ҷадвали 8 нишон дода шудааст. Чӣ хеле, ки аз ҷадвал дида мешавад, ҷудошавии тилло, нукра ва арсен аз намуди хлоридҳои истифодашаванда вобаста аст. Аз ҷама зиёд ҷудошавии металлҳо ба монанди концентрати Тарор ҳангоми истифодабарӣ ба сифати пайвастигии хлордор CaCl_2 – (96,5 %) мерасад. Дар ҳаммонандии шароит ҳангоми истифодабарии NaCl ҷудошавии тилло дар буғгардонӣ 3,6 % нукра дар 1,9 % камтар назар ба хлориди калсий мерасад.

Таҳлили таҳқиқоти гузаронида шуда нишон медиҳад, ки суръати гузариш, дараҷа ва интиҳоби раванди хлорбуғронкунии асосан аз ҳарорат, давомнокии ҷараён, намуди хлоридҳо, таркиби фазаи газӣ, шакли ҷойгиршавии металлҳои ҷудошаванда дар ашё ва параметрҳои дигари гуногун муайян карда мешавад.

Ҷадвали 8 – Хлорбуғронкунии концентратҳои тиллодори кони Чоре

Пай-ваस्तҳои хлордор	Параметрҳои асосии технологӣ				Пайвастиҳои хлордор					
	хароҷоти хлоридҳо, %	t, °C	τ, с	хароҷоти ҳаво, м³/с	миқдор дар маводи пухташуда, г/т			дараҷаи ҷудошавӣ, %		
					Au	Ag	As, %	Au	Ag	As
CaCl ₂	16	1000	1	6	5,74	5,20	0,0011	96,5	95,1	99,1
CaCl ₂ + NaCl	16	1000	1	6	4,31	6,29	0,0011	95,0	94,2	99,2
NaCl	16	1000	1	6	6,25	7,50	0,0045	92,9	93,2	96,6

Азбаски дар моддаҳои пухташудаи хлорбуғронкунии миқдори тилло хеле зиёд аст, таҳқиқоти ишқоронии сианонии тилло гузаронида шудааст. Вақти сианонӣ 30 соатро ташкил дод. Натиҷаи сианонӣ дар ҷадвали 9 оварда шудааст. Ҷӣ хеле, ки аз маълумоти овардашуда дида мешавад, аз моддаҳои пухташудаи хлорбуғронкунии тилло қаноатбахш ҷудо мешавад. Хусусан ин ба маводи пухташудаи кони Чоре тааллуқ дорад. Дар ин ҷо ҷудошавии тилло 86,05 - 90,52 %-ро ташкил медиҳад.

Ҷадвали 9 – Натиҷаи таҷрибаҳои сианонии маводи пухташудаи хлорбуғронкунии концентрати Тарор ва Чоре

Номгӯи кон	Миқд. Au дар маводи пухташудаи хлорбуғронкунии, г/т	Илова карда шуд NaCN, г	pH	Миқд. Au дар партови сианонӣ, г/т	Дараҷаи ҷудошавии Au, %
Тарор	1,90	0,050	10,70	0,60	68,42
	1,75	0,050	10,31	0,48	72,57
	2,64	0,060	9,58	0,92	65,15
	2,19	0,060	11,10	0,54	75,34
	3,48	0,060	10,40	1,43	58,90
Чоре	2,51	0,045	10,19	0,35	86,05
	3,16	0,055	9,47	0,37	88,29
	3,31	0,065	10,95	0,41	87,61
	3,48	0,065	10,50	0,33	90,52
	4,17	0,065	10,76	0,43	89,69

Кинетикаи раванди хлорбуғронкунии концентрати кони Тарор

Баҳамтаъсиркунии тилло бо хлориди натрий аз рӯи расидан то нуқтаи охирини гудозиш ва ҳангоми баланд кардани ҳарорат миқдори зиёди газҳои чандирии NaCl-ро таъмин мекунад. Бинобар ин марҳилаи аввали

хлорбуғронкунии тилло бо хлориди натрий гузариши намакҳои кристалӣ ба ҳолати моеъ ва газӣ мебошад. Суръати ин марҳила аз суръати баландшавии ҳарорат вобаста аст. Дар марҳилаи гузариши фазаи хлориди натрий вайроншавии он бо бавучудоии хлори элементарӣ мерасад.

Адсорбсияи хлор ба тилло дар вақти баланд кардани ҳарорат аз ҳисоби активатсияи сатҳи металл рӯй дода, боиси тағйирёбии сатҳи сохт (структура) дар вақти гармкунии он мегардад. Гарм кардани тилло то ҳароратҳои (973 – 1173 К) сатҳи металлҳоро бисёр тағйир намедихад. Дар вақти ҳароратҳои баланд (1173 – 1373 К) сатҳи тилло майдазарраи вустатёфта ва шакли шукуфта мешавад. Ингуна сатҳи модификатсияшудаи сохти тилло фаъолияти каталитикии тиллоро меафзояд. Дар муқобили таъсири каталитикии тилло, дараҷаи кам ҳангоми ҳароратҳои 973 – 1173 К ошкор карда мешавад. Ҳамин тавр, ҳудуди ҳароратҳои хлорбуғронкунии тилло ба кам (973 – 1173 К) каталитикӣ, вале дар ҳароратҳои баланд (1173 – 1373 К) ба каталитикии пуртаъсир тааллуқ дорад.

Барои таҳқиқоти кинетикии раванди хлорбуғронкунии концентрати тилло, мис ва арсендори кони Тарор бо истифодаи хлоридҳои натрий ва калсий, пухтани концентрат дар фосилаҳои ҳарорати аз 700 то 1000 °С дар давомнокии раванд аз 1, 2 ва то 3 соат гузаронида шудааст. Миқдори ҳавои сарфшударо бо реометр чен карда, дар як сатҳ 6 м³/с нигоҳ дошта шудааст. Суръати додани ҳаво оптималӣ барои вайроншавии хлоридҳо буда бо таҷрибаҳои пешакии махсус муайян карда шудааст.

Натиҷаҳои таҷрибаи гузаронидашуда нишон медиҳад, ки дар ҳароратҳои 600 °С дараҷаи ҷудошавии тилло ба 58,7 % мерасад. Бо зиёд кардани ҳарорати раванд то 700 – 1000 °С ҷудошавии тилло зуд зиёд шуда ба 89,2 – 95 % расидааст. Дар ҳарорати 1000 °С зиёдшавии давомнокии ҷараён то 2 соат ва зиёда аз ин ба ҷудошавии тилло таъсир нарасонда 94,2 %-ро ташкил дода, дар маводи пухташуда тилло 3,1 г/т боқӣ мондааст.

Дар расми 4 маълумотҳои эксперименталии вобастагии дараҷаи ҷудошавии тилло аз вақт дар ҳароратҳои гуногуни хлорбуғронкунии нишон дода шудааст. Чӣ хеле ки аз расм дида мешавад, қачхаттаи кинетикӣ то 700 °С амалан шакли росхатро дошта, вале ҳангоми 700 – 1000 °С дар аввал ростхат баъдан башакли парабола иваз мешавад.

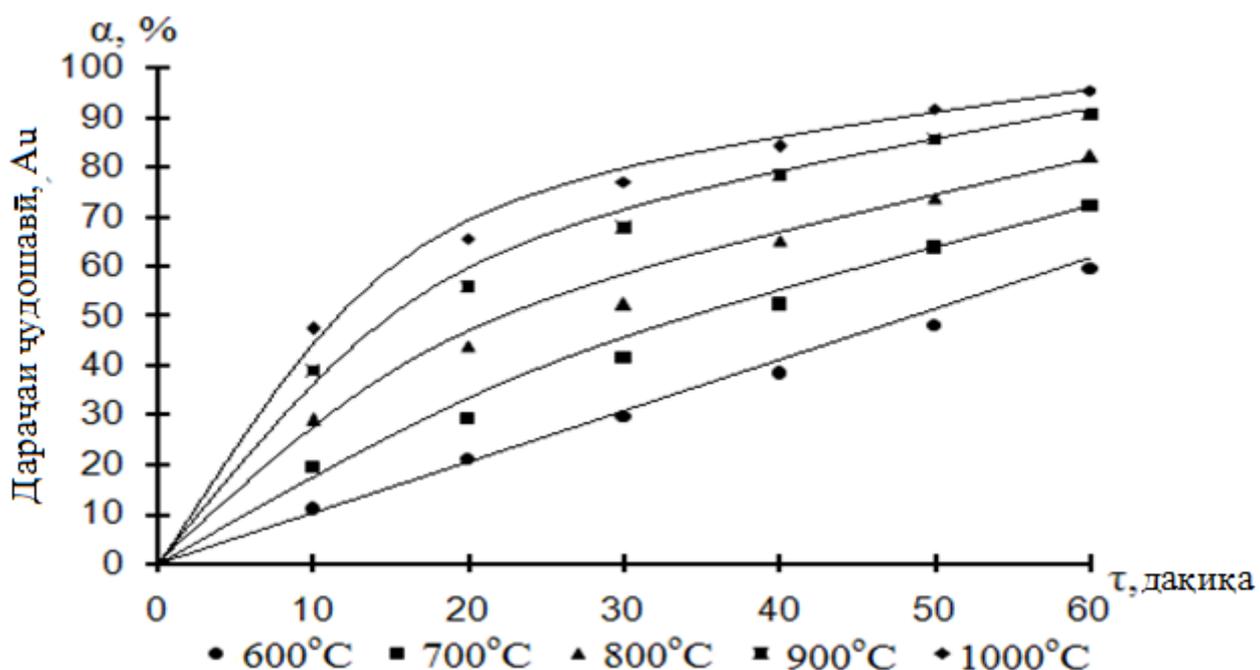
Ин қачхатҳои кинетикӣ хеле ҳуб аз рӯи муодилаи тартиби якуми Ерофеева – Колмогорова навишта мешавад:

$$\frac{d\alpha}{d\tau} = k(1 - \alpha), \quad (12)$$

дар ин ҷо: α – дараҷаи ҷудошавии тилло;

τ – давомноки, дақиқа;

k – константаи суръати реаксия, дақиқа⁻¹.



Расми 4 – Вобастагии дараҷаи ҷудошавии тилло аз вақт дар ҳароратҳои гуногуни хлорбуғронкунӣ.

Баъд аз табадуллотии математикӣ муодилаи (12)-ро ба ин намуд навиштан мумкин аст:

$$\lg \frac{1}{(1-\alpha)} = \frac{k\tau}{2,303} \quad (13)$$

Дар графיקи вобастагии $\lg \frac{1}{(1-\alpha)}$ аз вақт (расми 5а) мустақим бавучуд омада, моилии мусбӣ баробар ба $k/2,303$ аст. Дар асоси коркарди ин қачхатҳо, қимати константаи суръат дар фосилаҳои ҳарорати таҳқиқшаванда, ҳисоб карда шудааст.

Вобастагии суръати константаи реаксия аз ҳарорат бо муодилаи Аррениус навишта мешавад:

$$k = k_0 \cdot e^{-\frac{E}{RT}}$$

ё ин ки:

$$\lg k = \lg k_0 - \frac{E}{2,303RT}, \quad (14)$$

дар ин ҷо: k – константаи суръати реаксия;

k_0 – зарифи пеш аз экспоненциалӣ;

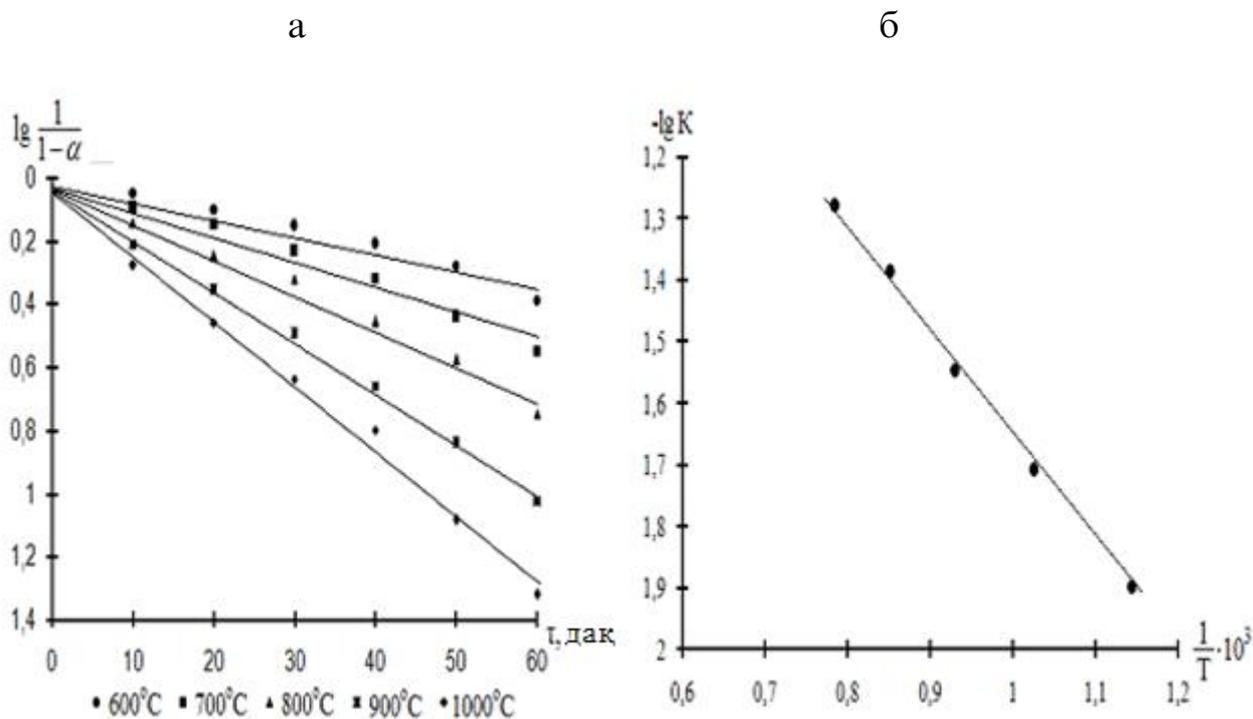
E – энергияи фаъолшавӣ, кҶ/мол;

R – доимии универсалии газӣ, Ҷ/мол·град;

T – ҳарорати мутлақ, К.

Дар графיקи вобастагии $\lg k$ аз $1/T$ (расми 5б) қариб ҳамаи нуқтаҳо дар хати рост хуб ҷойгир шуда, аз рӯи кунҷӣ моилии тангенс энергияи фаъолшавии эмперикӣ муайян карда шудааст. Қимати муайян кардашудаи константаи суръати реаксия ва энергияи фаъолшавӣ, ки ба 73,56 кҶ/мол баробар буда ба гузариши раванд дар речаи кинетикӣ шаҳодат медиҳад.

Зиёдшавии константаи суръати раванд аз ҳисоби ҳарорат муайян карда шудааст.



Расми 5 – Вобастагии: $\lg \frac{1}{1-\alpha}$ аз вақт а) ва $\lg k$ аз ҳарорати мутлақи баракс б).

Таҳқиқоти физикӣ-химиявии таркиби фазавии маҳсулотҳои пухташудаи хлорбуғронкунии концентрати Тарор

Бо мақсади омӯختани тағйирёбии таркиби концентрати ибтидоӣ дар раванди хлорбуғронкунии таҳлили рентгенофазавии маҳсулотҳо гузаронида шудааст.

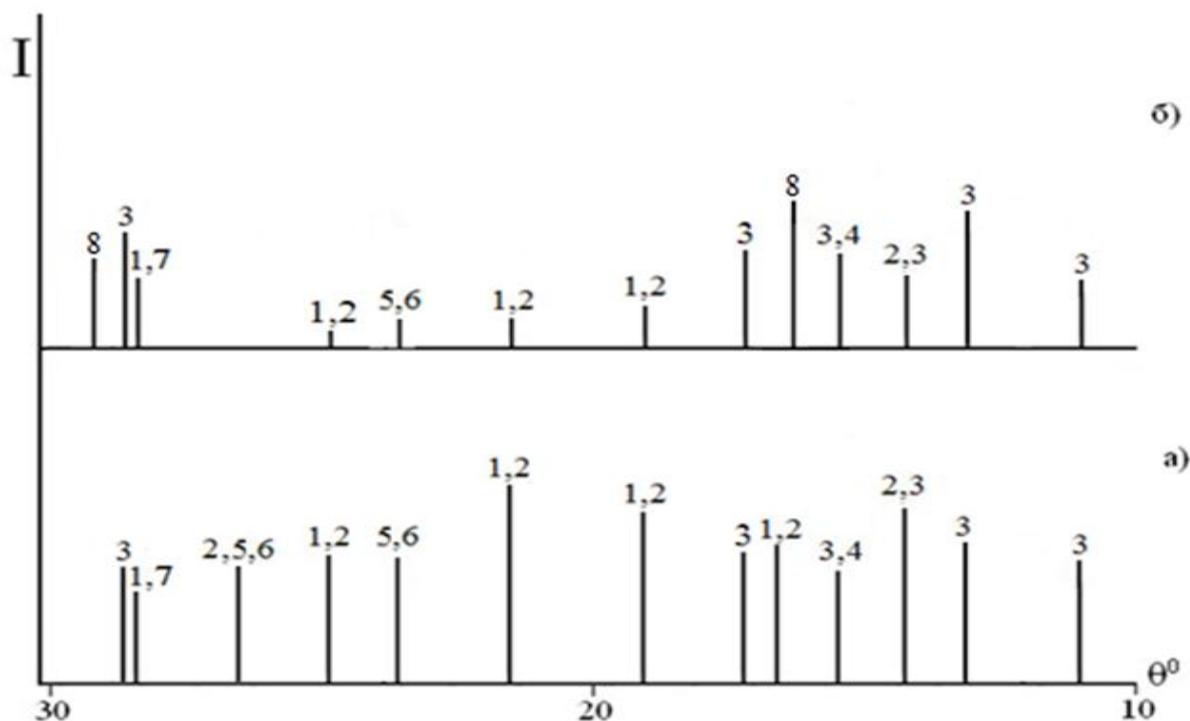
Дар расми 6 рентгенограммаи намунаи ибтидоӣ (ба) ва маводи пухташуда, ки дар шароити оптималии хлорбуғронкунии ба даст омадааст, нишон дода шудааст (бб).

Чӣ хеле, ки аз штрихрентгенограммаи концентрати ибтидоӣ (расми 5а) дида мешавад, минералҳои асосии он аз пирит, сфалерит, арсенопирит, халкозин, халкопирит, пирротин ва кварс иборат аст.

Дар раванди пухтан пирит табдилёбии химиявиро дар печ таҳаммул карда, табиаташ аз ҳарорат ва муҳите, ки дар он сӯзиш гузаронида мешавад, вобаста аст. Раванди диссоциатсияи пирит дар ҳароратҳои наздик ба 500 °C шурӯъ мешавад. Дар фосилаҳои ҳарорати 500 – 600 °C (табақаи гузариш) маҳсулоти коркардашуда системаи дуфазагиро баён намуда, аз кристаллҳои зичи пирити ибтидоӣ ва аз нав зарраҳои пирротини бавучудомада бо шакли сӯрохидор, иборат мебошад.

Дар ҳарорати 700 °C бақияи пирит дар маҳсулоти пухташуда аз байн меравад. Аз ҳарорати 1000 °C оғоз намуда, раванди бо бавучудоии гудозиш таркиби фазавии концентрати душворкоркардро тавсиф медиҳад.

Аз ҳама эҳтимолияти сабаби гудозиши маводҳои пухташуда ин бавучудоии омехтаи эвтектикӣ мебошад, ки аз пирротин ва оксиди оҳан иборат аст.



Расми 6 – Штрихрентгенограммаҳо: а) концентрати ибтидоӣ, б) маҳсулоти баъди хлорбуғронкунӣ дар ҳарорати 1000 °С; 1 – Арсенопирит; 2 – Пирит; 3 – Кварс; 4 – Сфалерит; 5 – Халкопирит; 6 – Халкозин; 7 – Пирротин; 8 – Магнетит.

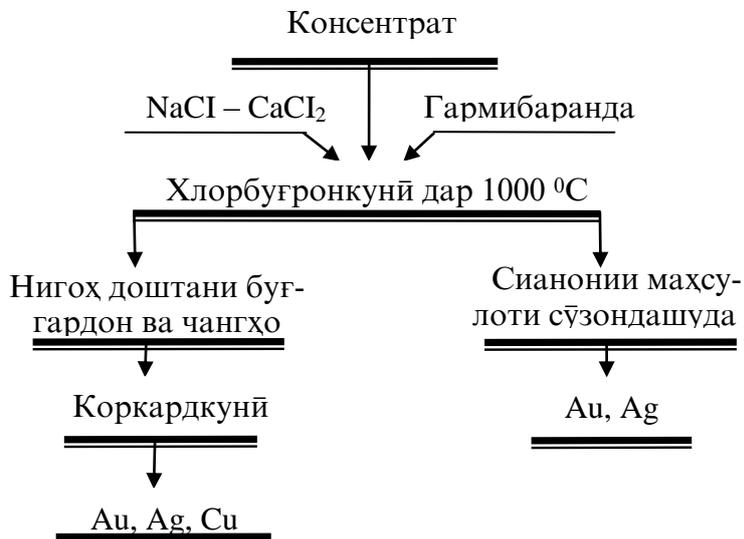
Раванди вайроншавии арсенопирит аз ҳарорати 600 °С шуруъ мешавад. Ҳангоми диссоциатсияи пирит, ки пирротин бо қабул кардани атомҳои сулфур ва оҳан бавучуд омада, вале ҳангоми диссоциатсияи арсенопирит моносулфиди оҳан амалан таркиби якхела дошта аз пирротин инчунин аз надоштани хосиятҳои ферромагнитӣ фарқ мекунад, бавучуд меояд. Маҳсулоти охирини оксидшавии арсенопирит ин гематит мебошад.

Дар штрихрентгенограммаи маҳсулоти пухташуда, ки баъди хлорбуғронкунӣ дар ҳарорати 1000 °С бавучуд омадааст (расми 6б), хати кварс ва магнетит, ки дар натиҷаи оксидшавии пирротин ва пирит пайдо шудааст. Ин натиҷаҳо исбот мекунад, ки ҳангоми хлорбуғронкунии флотоконцентрат, минералҳои асосии оҳандор оксид шуда ва тилло, ки дар таркиби онҳо аст, озод мешавад.

Нақшаи технологии тавсияшавандаи коркарди мағдани кони Тарор

Дар асоси натиҷаҳои таҳқиқшаванда нақшаи принципалии технологияи раванди коркарди концентрати тиллодори флотатсионии конҳои Тарор ва Чоре бо усули хлорбуғронкунӣ бо минбаъд сианонии маҳсулоти пухташудаи он (расми 7) тавсия карда мешавад.

Барои нигоҳ доштаи хлоридҳои металлҳои асил ва ранга обполоҳи барқӣ ва тар, вале барои минбаъд ҷудокунии металлҳо аз маҳлулҳо бо ёрии сементатсия ва майдарезаи кристалӣ ё ин ки, ивази ионӣ, мумкин аст, тавсия карда шавад.



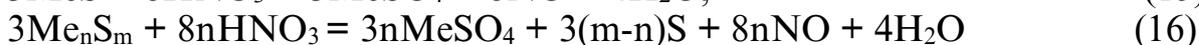
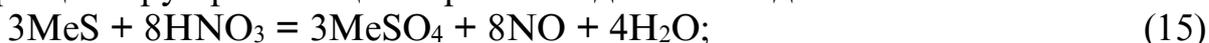
Расми 7 – Нақшаи принсипиалии технологии раванди коркарди концентрати флотатсионии тиллодори кони Тарор ва Чоре.

Нақшаи технологии пешниҳодшуда, имконияти ғайбаовар кардани коркарди маъдан бо ташкилии истеҳсолоти сеҳҳо аз рӯи хлорбуғронкунии концентратҳо, ки бевосита дар фабрикаи ғанигардонӣ коркард карда мешавад. Ба таври мусбӣ тавсия кардани раванди номбурда дар он аст, ки Тоҷикистон дорои захираи бисёри намаки ошӣ мебошад.

АСОСҲОИ ФИЗИКӢ-ХИМИЯВИИ ИШҚОРОНИИ КОНСЕНТРАТИ ТИЛЛО, МИС ВА АРСЕНДОР БО КИСЛОТАИ НИТРАТ

Яке аз усулҳои дурнамои кушодани концентратҳои душворкоркарди тилло-сулфидӣ ин гидросулфатизатсия дар маҳлули кислотаи нитрат мебошад. Тарзи ишқоронӣ бо кислотаи нитрат имконияти арсен, сулфур ва оҳанро ба маҳлул дар намуди кислотаи ортоарсен ва сулфат, вале оҳанро ба намуди нитрат ва сулфати оҳан меорад.

Мувофиқи нишондодҳои муосир сулфидҳо дар кислотаи нитрат то сулфатҳо аз рӯи реаксияҳои зерин оксид мешаванд:

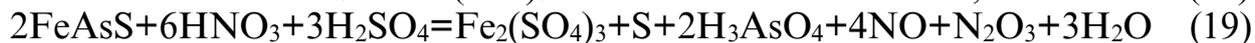


Ҳангоми хароҷоти барзиёди кислотаи нитрат бавучудой аз рӯи реаксияи (15) сулфур то ба кислотаи сулфат аз рӯи реаксияи зерин оксид мешавад:



Оксидшавии пирит ва арсенопирит дар кислотаи нитрат аз рӯи муо-

дилаҳои зерин нишон додан мумкин аст:



Ҳисобҳои термодинамикӣ нишон медиҳад, ки гузариши реаксияҳо байни ин минералҳо бо кислотаи нитрат ҳангоми фишори ҳаво дар фосилаҳои ҳарорати 333-368 К мегузарад. Муайян карда шудааст, ки баланд кардани ҳарорат суръати реаксияро меафзояд.

Дар кори зерин таъсири факторҳои гуногун дар фосилаҳои васеи тағироти параметрҳо дар кушодани концентрат омӯхта шудааст. Таркиби химиявии концентрати флотатсионии таҳқиқшавандаи кони Тарор чунин мебошад % (мас.): 40,2 г/т Au; 86,7 г/т Ag; 12,4 Cu; 1,2 As.

Дар чадвали 10 натиҷаи таҷрибаҳо нишон дода шудааст ҳангоми ҳаророти гуногуни кислотаи нитрат, ки аз онҳо чӣ хеле ки дида мешавад, дар вақти концентратсияи кислотаи нитрат 400 г/дм³ будан тилло 99,2 % дар кек боқӣ мемонад. Мис, амалан ҳамааш дар маҳлули ишқоронида мегузарад. Кеки баъди ишқорони бадастомада ба сианонӣ дучор шуда, дараҷаи ҷудошавии тилло баъди сианонӣ 90,2-97,5 %-ро ташкил медиҳад.

Дар асоси таҳқиқотҳои гузаронидашуда шароити оптималии зерини кушодани концентрат бо кислотаи нитрат дар ҳарорати 80 °С, давомнокии раванд 120 дақиқа, таносуби С:М = 1:5 ва концентратсияи кислотаи нитрат 350-400 г/дм³ муайян карда шудааст.

Чадвали 10 – Натиҷаи ишқоронии концентрати кони Тарор бо кислотаи нитрат

№ таҷриба	Иловаи HNO ₃ г/м ³	Баромадди кек, %	Микдор дар кек			Дараҷаи ҷудошавӣ дар кек, %			Сианонии тилло, %	
			Au, г/т	Cu, %	As, %	Au, %	Cu, %	As, %	То кушодашавӣ	Баъди кушодашавӣ
1	500	45	91	0,26	0,20	99,6	2,1	2,4	42	97,5
2	450	47	82	0,29	0,22	99,2	2,4	2,8	48	97,0
3	400	50	79	0,31	0,27	99,3	2,6	2,9	51	97,2
4	350	55	73	0,32	0,29	98,6	2,9	3,3		95,7
5	300	59	68	0,37	0,32	98,9	3,0	3,8		90,2
6	200	62	64	0,40	0,36	98,8	3,2	3,9		80,5

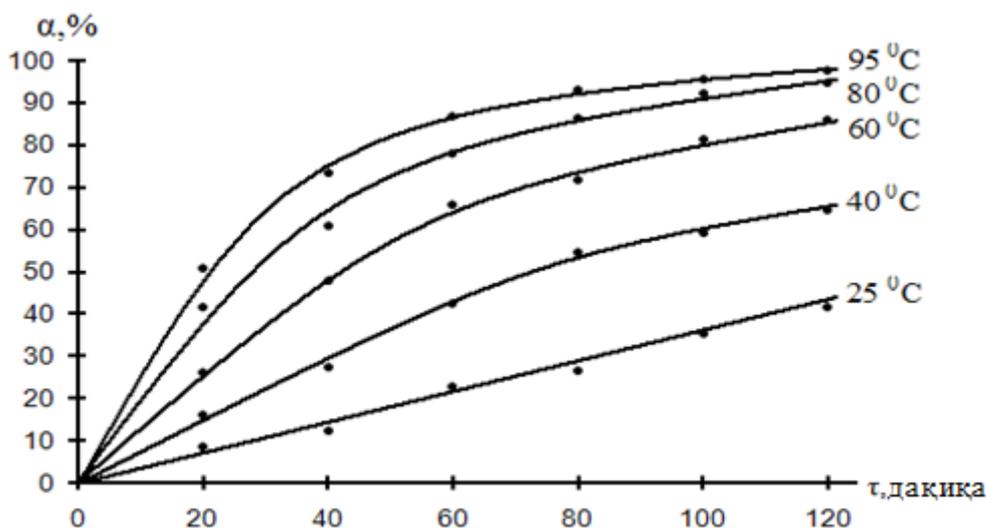
Маҳлули бо кислотаи нитрати сер ишқоронидашуда, ки дорои мис аст ба электролиз равона шудааст. Электролиз дар ваннаи махсуси тайёркардашуда ҳангоми рН = 2 ва ҳарорат 25 °С будан гузаронида шуд. Бо ёрии трансформатори тамғаи KDF 300A/12 V 0,5 А ҷраёни электрикӣ дода шуда буд. Ба сифати катод хӯлаи нержавиро истифода карда шудааст. Дар давоми 8 соат зиёда аз 80 % мис дар катод барқарор шуд. Баъди ба итмом расидани раванди электролиз 7,5 г шлам ҳосил шуд, ки дар таркибаш 95,6 % мис дорад.

Барои тозакунии технологияи маҳлул усули таҳшинкунии арсен ва оҳан

бо маҳлули оҳакоб ва сулфиди натрий, истифода карда шудааст. Дар ин маврид арсен ба намуди сулфат ва арсенати калсийи душворҳалшаванда таҳшин мешавад. Таҳшин дорои омехтаи мураккаб яъне, аз сулфати калсий, сулфати оҳан, арсенати калсий, арсенати оҳан, сулфиди арсен, сулфиди оҳан, гидрати оксиди оҳан ва дигар пайвастагиҳо иборат аст. Дар ин ҳолат хароҷоти сулфиди натрий (дар ҳисоби 30 – фоизаи техникӣ) 80 кг/т, вале оҳак 85 кг/т аз концентрати ибтидоӣ ташкил медиҳад.

Кинетикаи вайроншавии концентрати тилло, мис ва арсендори кони Тарор

Кинетикаи вайроншавии концентрати тилло, мис ва арсендор дар маҳлули кислотаи нитрат, омӯхта шудааст. Маълумотҳои эксперименталии вобастагии вайроншавии концентрат аз ҳарорат давомнокии раванд дар расми 8 нишон дода шудааст. Чӣ тавре, ки аз расм дида мешавад, бо зиёд кардани ҳарорат раванди вайроншавӣ хеле меафзояд. Дар фосилаҳои омӯзиши ҳарорат дараҷаи ҷудошавии мис аз 41,8 то 97,5 % меафзояд. Қачхатаи кинетикии раванди вайроншавӣ дар ҳароратҳои 25 - 40 °С шакли ростхата дорад, вале ҳангоми ҳарорат 60 °С ва аз ин ҳам зиёд дар аввал шакли ҳаммонанд дошта баъдан параболиро мегирад. Ин қачхатаи кинетикӣ аз рӯи муодилаи тартиби якум Ерофеева – Колмогорова навишта мешавад:



Расми 8 – Қачхатаи кинетикии вайроншавии концентрат дар ҳароратҳои гуногун.

$$\frac{d\alpha}{d\tau} = K(1 - \alpha) \quad (20)$$

дар ин чо: α - дараҷаи ҷудошавии мис; τ - вақт, дақиқа; k - константаи суръати реаксия, дақиқа⁻¹.

Баъди табодулотҳои математикӣ ин муодиларо чунин навиштан мумкин

аст:

$$\lg \frac{1}{1-\alpha} = \frac{k\tau}{2,303} \quad (21)$$

Дар графики вобастагии $\lg(\frac{1}{1-\alpha})$ аз вақт (τ) (расми 9) ростхаттаҳои ҳосилшуда, дорои қачии манфӣ буда, ба $k/2,303$ баробар аст. Дар асоси коркарди ин қачхаттаҳо қимати суръати константа дар фосилаҳои ҳарорати таҳқиқшаванда ҳисоб карда шудааст.

Вобастагии константаи суръати реаксия аз ҳарорат мумкин аст, ки аз рӯйи муодилаи Аррениус ба намуди зерин навишта шавад:

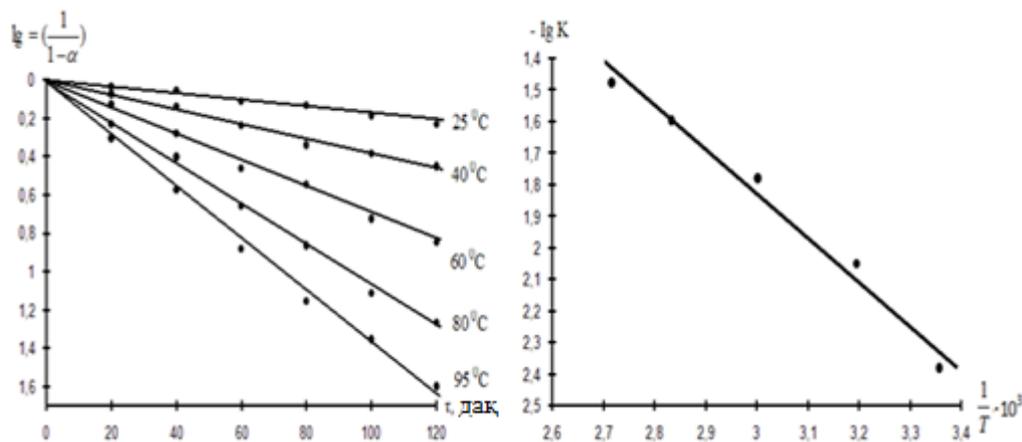
$$K = K_0 \cdot e^{-\frac{E}{RT}} \text{ ё ин ки: } \lg k = \lg k_0 - \frac{E}{2,303RT}, \quad (22)$$

дар ин ҷо: R – доимии универсалии газӣ, кҶ/мол; T – ҳарорати мутлақ, К.

Дар графики вобастагии $\lg k$ аз $1/T$ (расми 9) қариб ҳамаи нуқтаҳои таҷрибавӣ хеле хуб дар як хати рост ҷойгир шудаанд.

Қимати энергияи фаъолшавӣ аз рӯйи афтиши кунҷи тангенс рост ва аз рӯйи муодила муайян карда шудааст:

$$E = \frac{2,3RT_2T_1}{T_2 - T_1} \lg \frac{K_2}{K_1} \quad (23),$$



Расми 9 – Вобастагии $\lg \frac{1}{1-\alpha}$ аз вақт а) ва $\lg K$ аз ҳарорати баръакси мутлақ. дақ б).

Аз рӯйи афтиши рост энергияи фаъолшавӣ (E) муайян карда шудааст, ки 37,21 кҶ/молро ташкил медиҳад. Аҳамияти адади энергияи фаъолшавӣ ва вобастагии суръати вайроншавӣ аз ҳарорат, гузариши он дар ҳудуди омехта, речаи диффузионӣ-кинетикиро мефаҳмонад.

Таҳқиқотҳои гузаронидашуда механизми раванди вайроншавии минералхоро кушода ва асосан барои коркарди технологии ба даст овардани тилло, нуқра ва мис аз концентратҳои душворкоркарди маъдани кони Тарорро нишон медиҳад.

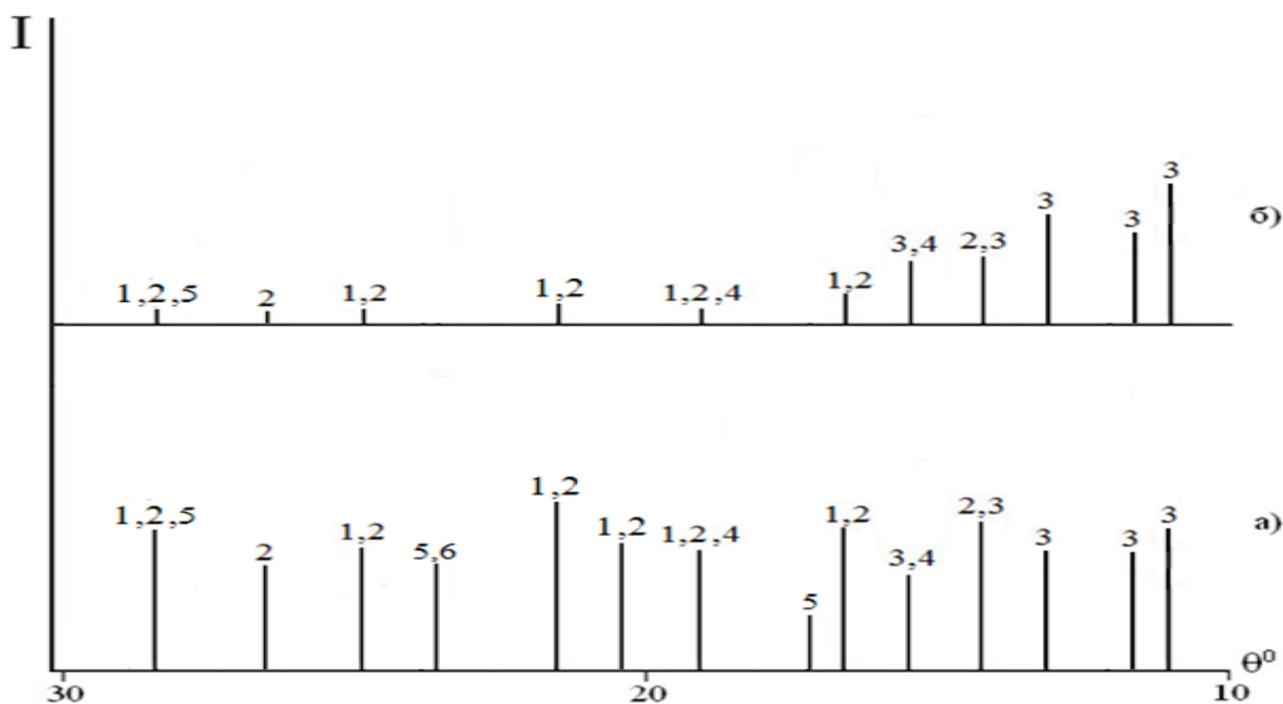
Таҳқиқоти физикӣ-химиявӣ фазавӣ таркиби маҳсулотҳои ишқоронидашуда бо кислотаи нитрати флотоконцентрати кони Тарор

Барои ба даст овардани маълумот аз таркиби фазавӣ флотоконсен-

трати ҳосилшуда, таҳлили рентгенофазавӣ (РФА) истифода карда шуд. Аз рӯи хусусияти рефлекси дифрактограмма таркиби фазавии намунаи флотоконцентратро муайян карда шуд.

Гузaronидани таҳқиқоти рентгенофазавии концентрати кони Тарор аввала ва баъди ишқоронӣ дар кислотаи нитрат дар ҳарорати 90 °С нишон медиҳад, ки дар намуна шакли аморфизатсияи пирит, арсенопирит ва сфалерит, ки дар таркиби концентрат дохил мешавад мушоҳида карда мешавад бо мавҷуд будани шакли рефлексҳои кварс (расми 10).

Натиҷаҳои таҳлили химиявӣ ва минералогӣ бо таҳқиқоти рентгенографии флотоконцентрати аввалия ва концентрати баъди ишқоронӣ мувофиқат мекунад. Дар рентгенограммаи концентрати баъди ишқоронӣ хати шиддатноки арсенопирит, пирит, халқозин якбора кам шуда, аз ҳалшавии онҳо шаҳодат медиҳад.



Расми 10 – Рентгенограммаи концентрат: а) ибтидоӣ; б) баъди ишқоронии он дар тартиботи оптималӣ; 1 – Арсенопирит, 2 – Пирит, 3 – Кварц, 4 – Сфалерит, 5 – Хальқозин.

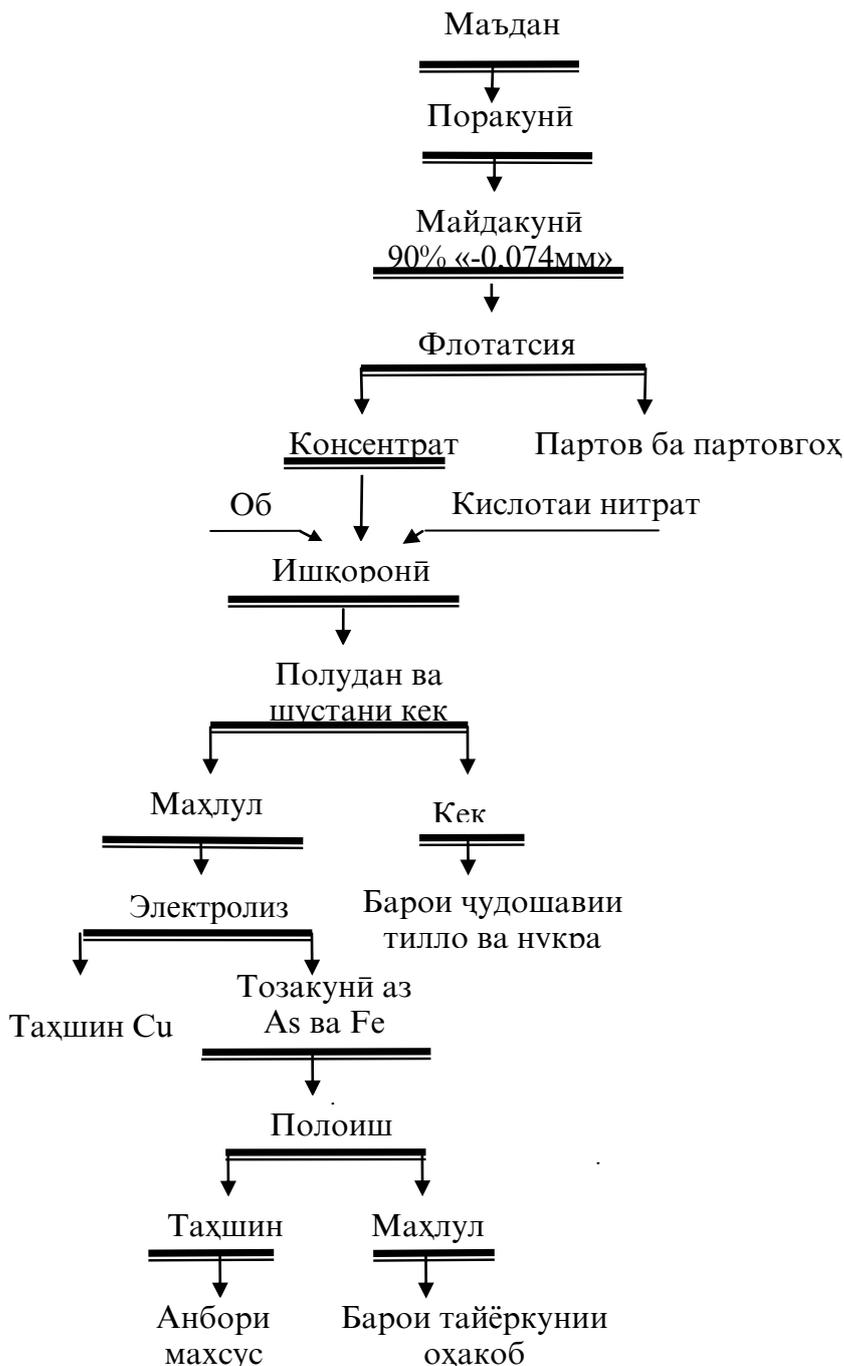
Нақшаи технологии коркарди маъдани сулфидию арсен ва тиллодори кони Тарор

Дар шароити ҷумҳурии мо истифодабарии технологияи коркарди концентрати тиллодор бо кислотаи нитрат мумкин аст хеле аз ҷиҳати иқтисодӣ ғоидаовар бошад ва барои коркарди маъданҳои арсендорӣ дигар давлатҳо муфид аст.

Дар асоси гузаронидани таҳқиқотҳо нақшаи технологии коркарди маъдани арсендори кони Тарор пешниҳод карда шудааст (расми 11). Нақшаи коркардшуда дорои раванди поракунӣ, майдакунии маъдан то 90 % синфи «-0,074 мм», флотатсия бо ҳосил кардани концентрати коллекти-

ви́ро дар бар мегирад. Концентрат ба ғайри автоклавӣ бо кислотаи нитрат ишқоронӣ карда шуда, баъди ишқоронӣ концентрати полуда ва шуста мешавад.

Кеки ишқоронидашудаи аз металлҳои асил бойшуда ба раванди сианонӣ карда мешавад, вале полуда ба электролиз барои ҳосил кардани мис равон карда мешавад. Маҳлул баъди электролиз ба безаргардонӣ бо иловаи Ca(OH)_2 ва Na_2S ворид карда мешаванд. Таҳшинӣ бавучуд омада ба анбори махсус фристода мешавад, вале маҳлул мумкин аст барои ҳосил кардани оҳақоб мусоид аст.



Расми 11 – Нақшаи принципалии технологии коркарди маъдани тилло, мис ва арсендори кони Тарор.

ТАҲҚИҚОТ ВА КОРКАРДИ МОДЕЛИ МАТЕМАТИКИИ РАВАНДИ ТҶДАИ (ПАРТОВӢ) ИШҚОРОНИИ МАЪДАНИ ТИЛЛОДОРИ КАМҲОСИЛ

Таҳқиқоти ишқоронии маъдани конҳои гуногун дар қубур

Дар шароити озмоишгоҳии ҶДММ КМ «Зарафшон» маҷмӯи таҷрибаҳои ишқоронӣ бо навъҳои гуногуни маъданҳои Тоҷикистон дар қубур бо андозаҳои – 200 ва 50 мм (чадвали 11) гузаронида шудааст.

Чадвали 11 – Натиҷаҳои таҳқиқоти озмоишгоҳии ишқоронии маъданҳои конҳои гуногун дар қубур

Номгӯи конҳо	Калони синф, мм(-)	Микд. Аи дар маъдани ибтидоӣ, г/т	Микд. Аг дар маъдани ибтидоӣ, г/т	Кон-сентратсия NaCN, мг/дм ³	Дарачаи чудошавии Аи, %	Дарачаи чудошавии Аг, %	Хароҷоти NaCN, кг/т	Хароҷоти СаО, кг/т
Хирсхона	200	0,60	0,84	300	49,2	30,3	0,342	0,210
Хирсхона	200	0,66	0,71	700	58,3	37,2	0,338	0,240
Ҷилави Шимолӣ	200	0,80	0,84	300	52,6	12,3	0,280	0,225
Ҷилави Шимолӣ	200	1,05	0,71	700	61,8	20,6	0,320	0,320
Олимпикӣ	200	0,63	0,75	300	59,9	28,9	0,298	0,200
Олимпикӣ	200	0,72	0,71	700	73,2	32,1	0,395	0,234
Ҷилави Шимолӣ	50	0,82	0,88	300	70,5	17,9	0,343	0,280
Ҷилави Шимолӣ	50	1,03	0,86	700	81,3	25,6	0,530	0,380
Олимпикӣ	50	0,68	0,93	300	58,6	21,2	0,568	0,285
Олимпикӣ	50	0,88	1,10	700	64,2	28,3	0,583	0,331
Хирсхона	50	0,72	0,88	300	60,9	17,0	0,575	0,340
Хирсхона	50	0,96	0,86	700	71,4	25,2	0,610	0,420

Ҳамин тавр, бо мақсади баланд бардоштани чудошавии металлҳои асил ҳангоми ишқоронии партовҳо таҳқиқот бо истифодабарии концентратсияи баланди сианидӣ маҳлул (700 мг/л) назар ба онҳо, ки дар шароити саноатӣ дар фабрика истифода карда мешавад. Ҷӣ тавре, ки аз маълумотҳои нишондодашуда дида мешавад, ки қобили қабул ин концентратсияи баланди сианидӣ ва синфи хурди маъдан мебошад.

Барои минбаъд омӯзиши масъалаи зерин ва санҷиши натиҷаҳои корҳои озмоишгоҳӣ лоиҳаро иҷро карда ва ба истеҳсолот объекти нимсаноатии ишқоронии партов ҷорӣ карда шуд. Тӯдаи ишқоронии таҷрибавӣ дар дохили яке аз ғализкунаки нимбуд гузаронида шуда буд. Асоси ғализкунак бо семент дигаргун карда шуда буд. Таҳқиқот аз рӯи се навъи маъдан: конҳои Ҷилав, Ҷилави Шимолӣ ва Олимпикӣ гузаронида шуд. Дар тӯдаи ишқоронии таҷрибавӣ насосҳои стандартӣ ва дастгоҳҳои пошдиҳак,

**Чадвали 12 – Чамъбасти натиҷаҳои таҷрибаи нимисаноатии
тӯдаи ишқоронии маъданҳои тиллодори камҳосил**

№ п/п	Параметрҳо	Номгӯии конҳо		
		Ҷилав	Ҷилави Шимолӣ	Олимпикӣ
1	Миқдори маъдан, тн.	14847	13515	11450
2	Ҳосилнокии ибтидоӣ, г/т	0,75	0,78	0,67
3	Миқдори тиллои ҳосилшуда, гр.	6035	7246	4577
4	Дараҷаи ҷудошавӣ, %	54,2	68,7	59,7
5	Давомнокии ишқоронӣ, шабонарӯз	66	71	64
6	Селоби маҳлули ишқоронӣ, м³/с	23	23	23
7	Хароҷоти маҳлул дар тӯда, м³/т	3,11	3,34	2,37
8	Хароҷоти оҳак, кг/т	2,2	1,9	2,0
9	Хароҷоти сианид, кг/т	0,18	0,22	0,20
Хароҷот дар маҳсулоти истеҳсолӣ (ба намуди доллари ИМА)				
10	Истихроҷи маъдан	18684	18540	14387
11	Кашонидани маъдан	23041	20847	17861
12	Сианиди натрий	4950	4980	3836
13	Оҳак	1180	1226	910
14	Электрэнергия	546	510	423
15	Дигар хароҷотҳо	950	10620	828
16	Хароҷотҳои идоравӣ	9510	9820	7852
17	Хароҷоти умумӣ	58861	66443	46097
18	Арзиши 1 г тилло	9,75	9,17	10,07
19	Арзиши баамалбарорӣ	12,42	12,42	12,98
20	Ҷоида	16094	23552	13312

Таҳлили математикии раванди тӯдаи ишқоронии маъдани кони Ҷилав

Дар асоси маълумотҳои таҷрибавӣ, ки ҳангоми раванди нимисаноатии тӯдаи ишқоронии маъдани кам ҳосили кони Ҷилав ба даст омада, ки дар чадвали 13 оварда шудааст, муодилаи эмпирикии намуди параболӣ зерин сохта шудааст

$$Y = ax^2 + bx + c \quad (24),$$

дар ин ҷо Y – ҷудошавии тилло дар маҳлул, %,

x – давомнокии ишқоронӣ, шабонарӯз,

a, b, c – зариби регрессия.

Барои муайянкунии параметрҳои a, b ва c усули хубтарини мураббаъро истифода карда шуд. Ҳангоми ҳал кардани системаи муодила бо усули Гаусс ин параметрҳо муайян карда шудааст:

$$a = -0,0184646; b = 2,10171; c = -4,07123.$$

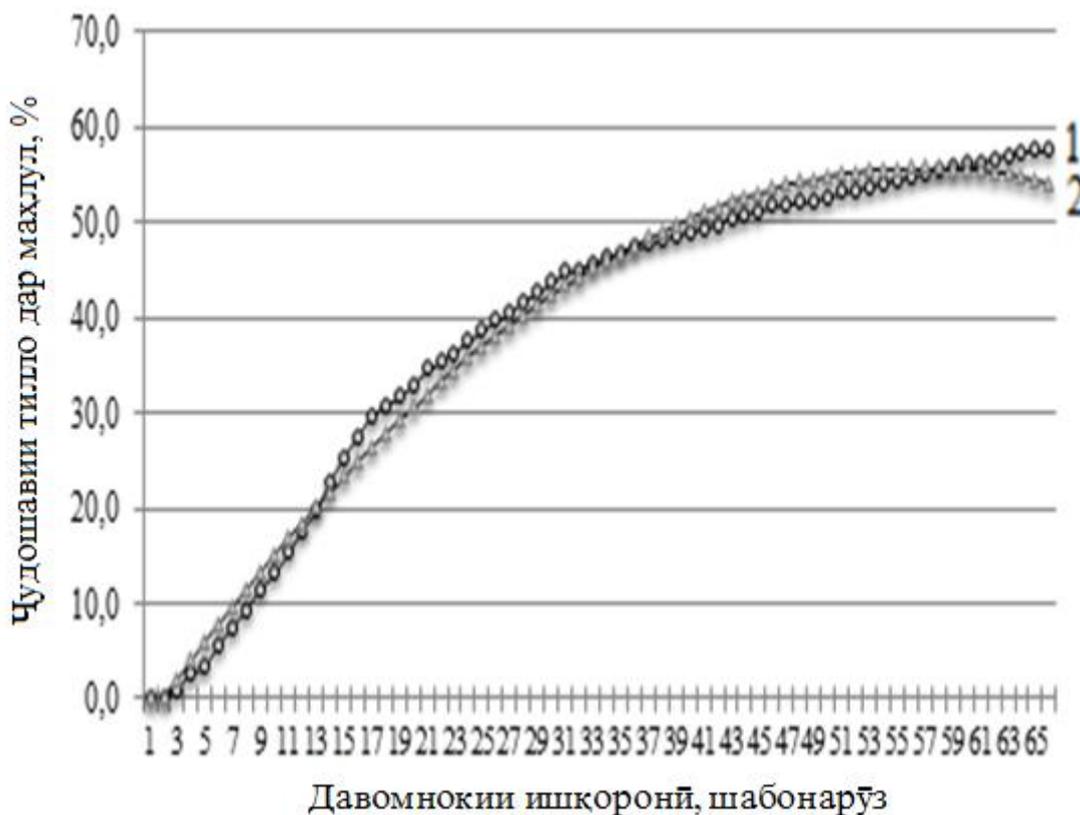
Инак, формулаи эмперикии дохил кардаи мо намуди зеринро мегирад

$$y = -0,0184646x^2 + 2,10171x - 4,07123.$$

Аз рӯи фоизнокии фарқияти маълумотҳои эмпирикӣ ва таҷрибавӣ бо нуқтаҳо муайян карда шуда, ки фоизнокии миёна ба 9,3 баробар аст.

Дар расми 13 қачхатаи кинетикии ишқоронии тилло аз маъдан дар раванди таҷрибаи саноатӣ, инчунин барои муқоисаи қачхата, ки дар асоси маълумотҳои эмпирикӣ ба вуҷуд омадааст, нишон дода шудааст.

Чӣ тавре, ки аз расм дида мешавад, қачхатҳо қаноатбахш ҷойгир шудаанд.



Расми 13 – Қачхатаи кинетикии ишқоронии сианидии тилло:

- 1 – таҷрибавӣ;
- 2 – пешбинӣ.

Дар асоси ҳисобҳои математикии гузаронидашуда, модели тӯдаи ишқоронии маъдани қонҳои Қилав, Қилави Шимолӣ ва Олимпикиро ба истеҳсолот тавсия додан мумкин аст.

Ҷадвали 13 – Маълумотҳои таҷрибавӣ ва ҳисобкардашудаи ҷудошавии тилло аз маъдани кони Ҷилав дар вобастагӣ аз давомнокии сианонӣ

х (рӯз)	у (Au), %	у, ҳисоб.	Ҷоизнокии дуршавӣ	х (рӯз)	у (Au), %	у, ҳисоб.	Ҷоизнокии дуршавӣ
1	0,00	0,00		34	46,29	46,04	-0,54
2	0,49	0,96	-88,09	35	46,82	46,87	+0,1
3	0,88	2,07	+134,97	36	47,34	47,66	+0,68
4	2,74	4,04	+47,45	37	47,8	48,41	+1,28
5	3,38	5,98	+76,8	38	48,216	49,13	+1,9
6	5,68	7,87	+38,63	39	48,65	49,81	+2,39
7	7,43	9,74	+31,04	40	48,97	50,45	+3,03
8	9,35	11,56	+23,64	41	49,29	51,06	+3,6
9	11,46	13,35	+16,48	42	49,68	51,62	+3,92
10	13,19	15,10	+14,47	43	50,37	52,16	+3,56
11	15,37	16,81	+9,39	44	50,77	52,66	+3,71
12	17,68	18,49	+4,58	45	51,18	53,12	+3,78
13	19,67	20,13	+2,34	46	51,68	53,54	+3,59
14	22,89	21,73	-3,05	47	51,92	53,92	+3,85
15	25,42	23,30	-8,34	48	52,13	54,27	+4,1
16	27,65	24,83	-10,2	49	52,39	54,58	+4,18
17	29,67	26,32	-11,28	50	52,67	54,85	+4,14
18	30,79	27,78	-9,78	51	53,27	55,09	+3,42
19	31,68	29,20	-7,84	52	53,48	55,29	+3,38
20	33,08	30,58	-7,56	53	53,69	55,45	+3,28
21	34,68	31,92	-7,95	54	54,11	55,58	+2,71
22	35,34	33,23	-5,97	55	54,37	55,67	+2,39
23	36,2	34,50	-4,7	56	54,78	55,72	+1,72
24	37,57	35,73	-4,89	57	55,22	55,73	+0,93
25	38,64	36,93	-4,42	58	55,49	55,71	+0,4
26	39,78	38,09	-4,24	59	55,72	55,65	-0,12
27	40,44	39,21	-3,03	60	56,08	55,56	-0,93
28	41,73	40,30	-3,42	61	56,34	55,43	-1,62
29	42,68	41,35	-3,12	62	56,75	55,26	-2,63
30	43,68	42,36	-3,02	63	57,08	55,05	-3,56
31	44,87	43,34	-3,42	64	57,42	54,81	-4,55
32	45,11	44,28	-1,85	65	57,64	54,53	-5,4
33	45,79	45,14	-1,34	66	57,64	54,21	-5,95

ХУЛОСАҲО

1. Речаи оптималии раванди технологии ишқоронии сианидии маъданҳои тиллодори қонҳои Тоҷикистон коркард карда шудааст. Муайян карда шудааст, ки маъданҳои сулфидии қонҳои Тарор ва Чоре бо сабаби душворкоркард буданашон сианонида намешаванд. Нишон дода шудааст, ки барои маъданҳои оксидии қони Тарор раванди ишқоронии аммиачӣ-сианидӣ хеле самаранок аст. Параметрҳои оптималии аммиачию сианидии зерин: консентратсияи реагентҳо NaCN – 1 г/л; $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ – 10 г/л; CaO – 5 г/л; $\text{M}:\text{C}$ – 1,5:1; давомнокии ишқоронӣ – 24 с аниқ карда шудааст.

2. Асосҳои химиявӣ-технологии раванди хлорбуғронкунии консентратҳои флотатсионии пухташудаи маъданҳои душворкоркард дар иштироки ва омехтаи онҳо омӯхта шудааст. Энергияи фаъолшавии раванди гузариши реаксияи муайянкардашуда, шаҳодат медиҳад, ки реаксия дар сарҳади ду фаза мегузарад. Омӯзиши таъсири ҳарорат ва давомнокии раванд ба дараҷаи ҷудошавии металлҳои асил аз флотоконцентрат, ки дар асоси он шароити оптималии раванд муайян карда шуд. Нишон дода шудааст, ки ҷудошавии тилло ва нукра ҳангоми хлорбуғронкунии дар давоми 1 – 2 соат 92,9 – 96,8 %-ро ташкил медиҳад. Илова ба ин тилло аз маводи пухташуда бо ҷудошавии 58,9 – 75,3 % (Тарор) ва 86,05 – 90,5 % (Чоре) ба даст омадааст.

3. Нақшаи принципалии технологии коркарди консентратҳои тилло ва тилло, мис ва арсендор бо усули хлорбуғронкунии коркард ва пешниҳод, карда шудааст. Раванди коркард шуда имконияти ҷудошавии компонентҳои қиматбаҳоро то 96 – 98 % имконият медиҳад.

4. Асосҳои қонунии кинетикии вайроншавии концентрати флотатсионии қони Тарор бо кислотаи нитрат, омӯхта шудааст. Шароитҳои оптималии ҷудошавии консентратҳои тилло, мис ва арсендор бо кислотаи нитрат, аниқ карда шудааст: консентратсияи кислотаи нитрат – 400 г/дм³; давомнокии раванд – 120 дақиқа; таносуби $\text{C}:\text{M}$ = 1:5; ҳарорати раванд – 80 °С. Бузургии энергияи фаъолшавии раванд ($E = 38,37$ кҶ/мол), муайян карда шудааст, ки ба гузариши раванд дар речаи диффузионӣ-кинетикӣ шаҳодат медиҳад. Бо усули рентгенофазаӣ таҳлили таркиби флотоконцентрати ибтидоӣ ва маҳсулоти вайроншудаи он бо кислотаи нитрат омӯхта шудааст. Муайян карда шудааст, ки аз таркиби флотоконцентрат сульфидҳо селективӣ ишқоронида мешаванд.

5. Бо усулҳои химиявӣ-технологӣ қонуниятҳои раванди ишқоронии тиокарбамид ва тиосульфатро омӯхта шуда, технологияи гидрометаллургии ҷудошавии металлҳо аз консентратҳои тилло, мис ва арсендор коркард шудааст. Шароити оптималии ишқоронии тиокарбамидии концентрати флотатсионие, ки аз маъдани қони Чоре ҳосил шудааст: хароҷоти тиомочевина – 22 кг/т, кислотаи сульфат – 30 кг/т, таносуби $\text{C}:\text{M}$ – 1:3, хароҷоти сульфати оҳани севалента – 9 кг/т ва оҳак – 48 кг/т (барои тозакунии полуда аз арсен ва оҳан), давомнокии ишқоронӣ – 10 с аниқ карда шудааст, ки дар ин вақт дараҷаи ҷудошавии тилло 90,6 %-ро ташкил дод.

6. Дар асоси таҳқиқотҳои гузаронидашуда параметрҳои оптималии ишқоронии маъданҳои тиллодори камҳосил дар кубур: давомнокии раванд аз 30 то 60 шабонарӯз, калонии андозаи порчаҳо – 200 мм, хароҷоти сианиди

натрий барои маъдани конҳои Чилав, Хирсхона, Олимпикӣ ва Чилави Шимолӣ аз 0,2 то 0,5 кг/т; хароҷоти оҳак 0,2-0,4 кг/т муайян карда шудааст, ки раванди тӯдаи ишқоронии барои маъданҳои конҳои Чилав, Олимпикӣ, Хирсхона ва Чилави Шимолӣ низ тавсия дода шудааст.

7. Таҷрибаҳои нимисаноатӣ ва саноатии технологияи тӯдаи (партовӣ) ишқоронӣ дар маъданҳои конҳои гуногун гузаронида шудааст, ки дар натиҷа дараҷаи чудошавии тилло ба 69 % расида, арзиши 1 грамм тилло ба дастамада 10,4 доллари ИМА-ро ташкил дода, фоида бошад дар як сикли таҷрибавӣ 45298 доллари ИМА-ро ташкил дод.

8. Бо модели математикӣ раванди тӯдаи ишқоронӣ коркард шудааст, ки аз рӯи қонуниятҳои кинетикии раванд имконияти параметрҳои раванди технологиро дар ҳамагуна лаҳзаи вақти додашуда назорат ва пешгӯӣ менамояд.

НАТИҶАҲОИ АСОСИИ ДИССЕРТАТСИЯ ДАР ИНТИШОРОТИ ЗЕРИН ИНЪИКОС ГАРДИДААСТ:

Монография

1. Самихов, Ш.Р., Зинченко З.А. Технология переработки золотосодержащих руд / **Ш.Р. Самихов, З.А. Зинченко.** Издательский дом: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2011. – 108 с.

Мақолаҳое, ки дар маҷаллаҳои тақризии бонуфузи тавсиянамудаи ҚОА назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон нашр шудаанд ва ба системаҳои иқтибосовари РИИЦ:

2. Азим, Иброҳим. Исследования по отвальному выщелачиванию бедных золотосодержащих руд / Азим Иброҳим, Б.А. Бобохонов, Зинченко З.А., **Ш.Р. Самихов** // Горный журнал. – 2005. – № 1. – С. 56 – 58.

3. Зинченко, З.А. Комбинированная технология переработки золотосодержащей руды месторождения Чоре / З.А. Зинченко, **Ш.Р. Самихов** // Горный журнал. – 2006. – № 6. – С. 99 – 100.

4. Зинченко, З.А. Переработка упорных золотосодержащих руд Таджикистана / З.А. Зинченко, **Ш.Р. Самихов** // Горный журнал. – 2011. – № 4. – С. 97 – 98.

5. **Самихов, Ш.Р.** Изучение процесса хлоридовозгонки золото-, медь- и мышьяксодержащих флотационных концентратов / **Ш.Р. Самихов, З.А. Зинченко, Б.А. Бобохонов** // Горный журнал. – 2011. – № 11. – С. 59 – 61.

6. **Самихов, Ш.Р.** Разработка технологии тиомочевинного выщелачивания золота и серебра из концентратов месторождения Чоре / **Ш.Р. Самихов, З.А. Зинченко, О.М. Бобомуродов** // Цветные металлы. – 2014. – № 2. – С. 62 – 66.

7. **Самихов, Ш.Р.** О кинетике азотнокислотного выщелачивания концентрата месторождения Гарор / **Ш.Р. Самихов, З.А. Зинченко** // Восточно – Европейский Научный Журнал (Warszawa, Polska). – 2016. 7/4 (8). С. 41 – 45.

8. Бобохонов, Б.А. Разработка условий выщелачивания золота из бедных руд / Б.А. Бобохонов, **Ш.Р. Самихов, З.А. Зинченко** // Вестник Таджикского национального университета. – 2004. – № 4. – С. 144 – 145.

9. **Самихов, Ш.Р.** Кинетика разложения сульфидно – мышьяковых концентратов месторождения Чоре / **Ш.Р. Самихов, З.А. Зинченко** // Вестник Таджикского технического университета. – 2009. – № 8. – С. 21 – 24.

10. Зинченко, З.А. Ионнообменная технология (RIP/RIL/RIS¹) в гидрометаллургии золота / З.А. Зинченко, **Ш.Р. Самихов**, И.Р. Бобоев // Вестник Таджикского технического университета. – 2010. – № 3. – С. 60 – 62.
11. Зинченко, З.А. Исследования по колонному выщелачиванию золотосодержащих руд различных месторождений Таджикистана / З.А. Зинченко, **Ш.Р. Самихов**, Б.А. Бобохонов // Доклады АН Республики Таджикистан. – 2010. – Т. 53, №7. – С. 553 – 556.
12. **Самихов, Ш.Р.** Применение хлоридовозгонки для золотомышьяк-содержащих концентратов месторождения Чоре / **Ш.Р. Самихов**, З.А. Зинченко, Ю.Б. Азизкулов // Известия АН Республики Таджикистан: Отд. физ.-мат., хим., геол. и техн. наук. – 2010. – Т. 141, № 4. – С. 72 – 77.
13. **Самихов, Ш.Р.** Исследование влияния хлоринаторов на процесс хлоридовозгонки золото-, медно-, мышьяк-содержащих концентратов месторождения Тарор / **Ш.Р. Самихов**, З.А. Зинченко, Ю.Б. Азизкулов // Вестник Таджикского национального университета. – 2012. – № 1/1 (77). – С. 152 – 156.
14. **Самихов, Ш.Р.** Опыт отвального выщелачивания золота из забалансовых руд месторождения Северное Джилау в ООО СП «Зеравшан» / **Ш.Р. Самихов**, З.А. Зинченко, Б.А. Бобохонов // Вестник Таджикского национального университета. – 2012. – № 1/2 (81). – С. 111 – 114.
15. **Самихов, Ш.Р.** Изучение кинетики процесса цианирования золотосодержащих руд Таджикистана / **Ш.Р. Самихов**, З.А. Зинченко, Б.А. Бобохонов // Известия АН Республики Таджикистан: Отд. физ.-мат., хим., геол. и техн. наук. – 2012. – Т. 146, № 1. – С. 85 – 91.
16. **Самихов, Ш.Р.** Кинетика разложения и физико-химическое изучение сульфидно-мышьяковых концентратов месторождения Чоре / **Ш.Р. Самихов**, З.А. Зинченко // Вестник Таджикского национального университета. – 2012. – № 1/3 (85). – С. 224 – 227.
17. **Самихов, Ш.Р.** Влияние температуры процесса цианирования на извлечение золота из руды месторождения Тарор / **Ш.Р. Самихов**, З.А. Зинченко // Вестник Таджикского национального университета. – 2013. – № 1/1 (102). – С. 132 – 134.
18. **Самихов, Ш.Р.** Кинетика процесса хлоридовозгонки концентрата месторождения Чоре / **Ш.Р. Самихов**, З.А. Зинченко // Вестник Таджикского национального университета. – 2013. – № 1/2 (106). – С. 181 – 184.
19. **Самихов, Ш.Р.** Изучение условий и разработка технологии тиомочевинного выщелачивания золота и серебра из руды месторождения Чоре / **Ш.Р. Самихов**, З.А. Зинченко, О.М. Бобомуродов // Доклады АН Республики Таджикистан. – 2013. – Т. 56, № 4. – С. 318 – 323.
20. **Самихов, Ш.Р.** Математическое моделирование хлоридовозгоночного обжига концентрата месторождения Чоре / **Ш.Р. Самихов**, З.А. Зинченко, Н. Шерматов // Известия АН Республики Таджикистан: Отд. физ.-мат., хим., геол. и техн. наук. – 2013. – Т. 152, № 3. – С. 78 – 85.
21. **Самихов, Ш.Р.** Исследования процесса тиосульфатного выщелачивания золотых мышьяк-содержащих руд месторождения Чоре / **Ш.Р. Самихов**, З.А. Зинченко // Доклады АН Республики Таджикистан. – 2014. – Т. 57, № 2. – С. 145 – 150.
22. **Самихов, Ш.Р.** Технология разработки окисленной золото-, медно-, мышьяк-содержащей руды месторождения Тарор / **Ш.Р. Самихов**, А.Б. Бобохонов, З.А. Зинченко // Вестник Таджикского национального университета. – 2014. – № 1/1 (126). – С. 114 – 119.
23. **Самихов, Ш.Р.** Моделирование процесса кучного (отвального) выщелачивания бедных руд месторождения Джилау / **Ш.Р. Самихов**, З.А. Зин-

ченко, Н. Шерматов // Вестник Таджикского национального университета. – 2014. – № 1/3 (134). – С. 106 – 109.

24. **Самихов, Ш.Р.** Кинетика процесса хлоридовозгонки золото-содержащего концентрата месторождения Тарор / **Ш.Р. Самихов, З.А. Зинченко** // Доклады АН Республики Таджикистан. – 2014. – Т. 57, № 5. – С. 395 – 400.

25. **Самихов, Ш.Р.** Разработка технологии тиокарбамидного выщелачивания золота и серебра из руды месторождения Тарор / **Ш.Р. Самихов, З.А. Зинченко, О.М. Бобомуродов** // Вестник Таджикского национального университета. – 2015. – № 1/1 (156). – С. 128 – 132.

26. **Самихов, Ш.Р.** Изучение кинетики процесса цианирования золота из руды месторождения Иккижелон / **Ш.Р. Самихов, Х.А. Махмудов** // Вестник Таджикского национального университета. – 2015. – № 1/6 (191). – С. 102 – 105.

27. **Самихов, Ш.Р.** Изучение разработки технологии тиосульфатного выщелачивания золота, серебра и меди из руды и концентратов месторождения Тарор / **Ш.Р. Самихов, З.А. Зинченко** // Вестник Таджикского национального университета. – 2016. – № 1/2 (196). – С. 160 – 165.

28. **Самихов, Ш.Р.** Исследование и разработка математических моделей процесса кучного (отвального) выщелачивания бедных руд / **Ш.Р. Самихов, З.А. Зинченко, Н. Шерматов** // Вестник Таджикского национального университета. – 2016. – № 1/3 (200). – С. 172 – 180.

*Мақолаҳое, ки дар маводҳои конференсияҳо,
симпозиумҳо, ва семинарҳо нашр шудаанд:*

29. Бобохонов, Б.А. Опыт отвального выщелачивания золота из руд месторождения «Хирсхона» в ООО СП «Зеравшан» / Б.А. Бобохонов, **Ш.Р. Самихов, З.А. Зинченко** // Золотодобыча. – Иргиредмет. – № 117. – 2008. – С. 11 – 16.

30. Зинченко, З.А. Кислотное выщелачивание золотомышьяковых концентратов месторождения Чоре / З.А. Зинченко, **Ш.Р. Самихов** // Золотодобыча. – Иргиредмет. – № 130. – 2009. – С. 36 – 39.

31. **Самихов, Ш.Р.** Применение хлоридовозгонки для золотых мышьяксодержащих концентратов месторождений «Тарор» и «Чоре» / **Ш.Р. Самихов, З.А. Зинченко, Ю.Б. Азизкулов** // Золотодобыча. – Иргиредмет. – № 149. – 2011. – С. 10 – 14.

32. **Самихов, Ш.Р.** Влияние температуры на процесс колонного выщелачивания золотосодержащей руды месторождения Северного Джилау / **Ш.Р. Самихов, З.А. Зинченко** // Золотодобыча. – Иргиредмет. – № 149. – 2013. – С. 18 – 20.

33. **Самихов, Ш.Р.** Полупромышленные испытания отвального выщелачивания забалансовой руды месторождения Джилау / **Ш.Р. Самихов, З.А. Зинченко, Б.А. Бобохонов** // Золото и технологии.: Москва. – 2013. – № 3 (21). – С. 54 – 58.

34. Zinchenko, Z.A. Researches of processing technology of flotation tailing of Sb-Hg goldcontaining ore of Jijicrut deposit. / Z.A. Zinchenko, I.A. Tuymen, M.S. Ismailova, **Sh.R. Samikhov** // Proceedings of the XI National conference. – Bulgaria. – Varna, June 19-23. 2011. – P.72-79.

35. **Samikhov, Sh.R.** Methods of persistent gold containing ore processing of Chore deposit / **Sh.R. Samikhov, Z.A. Zinchenko** // Proceedings of the 1st international Academic conference. st. Louis, Missouri, USA. – October 27–28. 2012. – P. 284 – 289.

36. **Samikhov, Sh.R.** The researches of chloride sublimation process of Tajikistan different deposits gold arsenic containing concentrates / **Sh.R. Samikhov, Z.A. Zinchenko** // XV Балканский Конгресс по обогащению полезных ископаемых Созополь, Болгария. – 2013. – С. 840 - 842.

37. **Samikhov, Sh.R.** The Study and Development of the Mathematical Models of Poor Gold-containing Ores the Process Heap (the dump) Leaching / **Sh.R. Samikhov, Z.A. Zinchenko, N. Shermatov** // XVI Балканский Конгресс по обогащению полезных ископаемых Белград, Сербия. – 2015. – С. 709 – 712.

38. **Самихов, Ш.Р.** Исследование и разработка технологии тиомочевинного выщелачивания благородных металлов из рудного сырья / **Ш.Р. Самихов** // Материалы Международной научно-практической конференции «Передовые технологии на карьерах». – Бишкек, 2012. – С. 92 – 95.

39. **Самихов, Ш.Р.** Применение хлоридовозгонки для золотых мышьяксодержащих концентратов различных месторождений Таджикистана / **Ш.Р. Самихов, З.А. Зинченко**, // XII Национальная конференция с международным участием по открытой и подводной добыче полезных ископаемых – Варна, Болгария. – 2013. – С. 370 – 375.

40. **Самихов, Ш.Р.** Изучение и разработка технологии окислительного обжига флотационного концентрата месторождения Тарор / **Ш.Р. Самихов, З.А. Зинченко** // Вестник Технологического университета Таджикистана. – 2013. – №1/1 (19). – С. 34 – 37.

41. **Самихов, Ш.Р.** Исследования по выщелачиванию сульфидов из флотационного концентрата растворами азотной кислоты / **Ш.Р. Самихов, Х.А. Махмудов, О.М. Бобомуродов, М.М. Солихов** // Материалы VII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Перспективы развития технологии переработки углеводородных и минеральных ресурсов». – Иркутск, ИНИТУ, 2017. – С. 83 – 86.

42. **Самихов, Ш.Р.** Исследования по выщелачиванию золотомышьяковых руд / **Ш.Р. Самихов** // Материалы Республиканской конференции «Химия в начале XXI века», посвященной 80-летию академика АН РТ М.С. Осими. – Душанбе, Институт химии АН РТ, 2000. – С.14.

43. **Самихов, Ш.Р.** Исследования по колонному выщелачиванию бедных золотых руд / **Ш.Р. Самихов, Н. Додоев, З.А. Зинченко** // Материалы научной конференции «Молодые ученые и современная наука». – Душанбе, 2003. – С. 63 – 64.

44. **Самихов, Ш.Р.** Исследования по азотнокислотному выщелачиванию мышьякосодержащего концентрата / **Ш.Р. Самихов, З.А. Зинченко** // Материалы научной конференции «Молодые ученые и современная наука». – Душанбе, 2003. – С. 52 – 53.

45. **Самихов, Ш.Р.** Результаты исследования по переработке золотосодержащих мышьяковых концентратов / **Ш.Р. Самихов, З.А. Зинченко** // Материалы Республиканской конференции «Молодежь и мир науки». – Душанбе, 2004. – С. 170 – 172.

46. **Бобохонов, Б.А.** Полупромышленное отвальное выщелачивание бедных руд месторождения Хирсхона / **Б.А. Бобохонов, Ш.Р. Самихов, З.А. Зинченко** // Материалы Республиканской конференции «Молодежь и мир науки». – Душанбе, 2004. – С. 144 – 145.

47. **Самихов, Ш.Р.** Кинетика процесса выщелачивания сульфидно-мышьяковых концентратов в растворе азотной кислоты / **Ш.Р. Самихов, З.А. Зинченко** // Душанбе, 2004. 210 с. – Деп. В НИИЦентре Республики Таджикистан 16.12.2004, № 59 (1680).

48. **Самихов, Ш.Р.** Вскрытие золотосодержащих сульфидно-мышьяковых концентратов азотной кислотой / **Ш.Р. Самихов, З.А. Зинченко** // Душанбе, 2004. 210 с. – Деп. В НПИЦентре Республики Таджикистан 16.12.2004, № 60 (1681).

49. **Самихов, Ш.Р.** Разработка гидromеталлургической технологии переработки сульфидно-мышьякового золотосодержащего флотоконцентрата / **Ш.Р. Самихов, З.А. Зинченко** // Материалы Республиканской конференции «Прогрессивные технологии разработки месторождений и переработки полезных ископаемых, экологические аспекты развития горнорудной промышленности». – Душанбе, Мин.пром. 2005. – С. 10 – 13.

50. Бобохонов, Б.А. Освоение технологии кучного выщелачивания в ООО СП «Зеравшан» в промышленном масштабе / Б.А. Бобохонов, **Ш.Р. Самихов** // Материалы Республиканской конференции «Прогрессивные технологии разработки месторождений и переработки полезных ископаемых, экологические аспекты развития горнорудной промышленности». – Душанбе, Мин.пром. 2005. – С. 56 – 58.

51. Бобохонов, Б.А. Кучное (отвальное) выщелачивание золота из забалансовой руды на ООО СП «Зеравшан» / Б.А. Бобохонов, **Ш.Р. Самихов** // Материалы молодежной научной конференции, посв. 2700-летию города Куляба и 15-летию независимости Республики Таджикистан. – Худжанд, Молод.орган. 2006. – С. 79 – 82.

52. Зинченко, З.А. Переработка мышьяксодержащих руд Таджикистана / З.А. Зинченко, **Ш.Р. Самихов** // Материалы международной конференции «Современная химическая наука и ее прикладные аспекты». – Душанбе, Мин.пром. 2006. – С. 182 – 183.

53. Бобохонов, Б.А. Бактериальное окисление золото-медного концентрата, полученного из руд месторождения Тарор, с помощью экстремальных термофилов / Б.А. Бобохонов, **Ш.Р. Самихов** // Материалы международной конференции «Современная химическая наука и ее прикладные аспекты». – Душанбе, Мин.пром. 2006. – С. 208 – 210.

54. Зинченко, З.А. Разработка комбинированной технологии обогащения руд нижних горизонтов Джижикрутского месторождения / З.А. Зинченко, Сатторова М.А., Исмоилова М.С., Тюмин И.А., **Ш.Р. Самихов** // Материалы III Международной научно-практической конференции «Перспективы развития науки и образования в XXI веке». – Душанбе, ТТУ, 2008. – С. 159 – 162.

55. **Самихов, Ш.Р.** Кучное (отвальное) выщелачивание золота из забалансовой руды Джилауского месторождения / **Ш.Р. Самихов, Б.А. Бобохонов, З.А. Зинченко** // Материалы III Международной научно-практической конференции «Перспективы развития науки и образования в XXI веке». – Душанбе, ТТУ, 2008. – С. 178 – 179.

56. Зинченко, З.А. Разработка комбинированных технологий обогащения золотосодержащих руд Таджикистана / З.А. Зинченко, М.А., Сатторова, **Ш.Р. Самихов, М.С. Исмоилова, И.А. Тюмин** // Материалы II-ой Республиканской научно-практической конференции «Использование современных технологий переработки горных минералов и металлургии». – Чкаловск, ГМИТ, 2008. – С. 41 – 51.

57. **Самихов, Ш.Р.** Исследования по обогащению золото-, медно-, мышьяковой руды месторождения Тарор / **Ш.Р. Самихов, З.А. Зинченко** // Материалы Республиканской научно-практической конференции «VI Нумановских чтений». – Душанбе, Институт химии АН РТ, 2009. – С. 217 – 218.

58. **Самихов, Ш.Р.** Технология переработки золото-, медно-, мышьяксодержащих руд Таджикистана / **Ш.Р. Самихов, З.А. Зинченко** // Материалы

Республиканской научно-практической конференции посвященной 35-летию кафедры «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты». – Душанбе, ТТУ, 2009. – С. 118 – 120.

59. Бобохонов, Б.А. Перспективы усовершенствования технологии обогащения руд на СП «Зеравшан» / Б.А. Бобохонов, **Ш.Р. Самихов** // Материалы Республиканской научно-практической конференции «Горные, геологические, экологические аспекты и развитие горнорудной промышленности в XXI веке». – Душанбе, Горный колл. 2010. – С. 107 – 110.

60. **Самихов, Ш.Р.** Кинетика разложения золото-, медно-, мышьяковых концентратов месторождения Тарор / **Ш.Р. Самихов**, З.А. Зинченко // Материалы Республиканской научно-практической конференции «Горные, геологические, экологические аспекты и развитие горнорудной промышленности в XXI веке». – Душанбе, Горный Колл. 2010. – С. 111 – 116.

61. **Самихов, Ш.Р.** Кислотное выщелачивание золото-, мышьяковых концентратов месторождения Тарор / **Ш.Р. Самихов** // Материалы Международной научно-практической конференции «Пути внедрения современных технологий в начальных, средних и высших профессиональных учебных заведениях». – Душанбе, Тех.Колл. 2010. – С. 76 – 82.

62. **Самихов, Ш.Р.** Разработка оптимальных условий цианирования золотосодержащих руд / **Ш.Р. Самихов**, З.А. Зинченко, Б.А. Бобохонов // Материалы Республиканской научной конференции «Химия: исследования, преподавание, технология», посв. «Году образования и технических знаний». – Душанбе, 2010. – С. 186 – 189.

63. **Самихов, Ш.Р.** Извлечение золота и серебра из руд различных месторождений методом цианирования / **Ш.Р. Самихов**, З.А. Зинченко // Материалы Республиканской конференции: «Новые теоретические и прикладные исследования химии в высших учебных заведениях Республики Таджикистан». – Душанбе, Тех.Колл. 2010. – С. 122 – 125.

64. **Самихов, Ш.Р.** Исследование флотационной схемы обогащения руды месторождения Чоре / **Ш.Р. Самихов**, З.А. Зинченко // Материалы Республиканской конференции: «Новые теоретические и прикладные исследования химии в высших учебных заведениях Республики Таджикистан». – Душанбе, Тех.Колл. 2010. – С. 126 – 129.

65. **Самихов, Ш.Р.** Хлоридовозгонка при переработке медных-золотосодержащих концентратов месторождения Тарор / **Ш.Р. Самихов**, З.А. Зинченко, Б.А. Бобохонов // Материалы Республиканской научной конференции: «Проблемы современной координационной химии». – Душанбе, ТНУ, 2011. – С. 29 – 32.

66. Зинченко, З.А. Особенности хлоридовозгонки упорных золото-, медно-, мышьяксодержащих концентратов месторождения Тарор / З.А. Зинченко, И.А. Тюмин, **Ш.Р. Самихов** // Материалы Республиканской научно-практической конференции: «Современные проблемы химии, химической технологии и металлургии». – Душанбе, ТТУ, 2011. – С. 183 – 185.

67. Зинченко, З.А. Влияние предварительной температурной обработки на извлечение золота цианированием из хвостов флотации Sb-Hg золотосодержащей руды / З.А. Зинченко, И.А. Тюмин, М.С. Исмоилова, **Ш.Р. Самихов** // Материалы Республиканской научно-практической конференции: «Современные проблемы химии, химической технологии и металлургии». – Душанбе, ТТУ, 2011. – С. 187 – 189.

68. **Самихов, Ш.Р.** Исследование влияния хлоринаторов на процесс хлоридовозгонки золото-мышьяксодержащих концентратов месторождения Чоре / **Ш.Р. Самихов**, З.А. Зинченко // Материалы Республиканской научно-

практической конференции: «Химия производных глицерина: синтез, свойства и аспекты их применения». – Душанбе, ТНУ, 2011. – С. 138 – 142.

69. **Самихов, Ш.Р.** Исследования по колонному выщелачиванию бедных золотосодержащих руд месторождения Северное Джилау / **Ш.Р.Самихов, З.А. Зинченко** // Материалы Республиканской научно-практической конференции: «Химия производных глицерина: синтез, свойства и аспекты их применения». – Душанбе, ТНУ, 2011. – С. 143 – 149.

70. **Самихов, Ш.Р.** Изучение кинетики процесса цианирования золота из руды месторождения Олимпийское / **Ш.Р. Самихов, З.А. Зинченко** // Материалы Республиканской научно-практической конференции: «Перспективы развития исследований в области химии координационных соединений». – Душанбе, ТНУ, 2011. – С. 196 – 201.

71. **Самихов, Ш.Р.** Исследования по колонному выщелачиванию бедных золотосодержащих руд месторождения Олимпийское / **Ш.Р.Самихов, З.А. Зинченко** // Материалы Республиканской научно-практической конференции: «Координационная химия и ее значение в развитии народного хозяйства». – Душанбе, ТНУ, 2011. – С. 189 – 192.

72. **Самихов, Ш.Р.** Исследования по колонному выщелачиванию бедных золотосодержащих руд месторождения Хирсхона / **Ш.Р. Самихов, З.А. Зинченко** // Материалы Республиканской научно-практической конференции: «Перспективы развития исследований в области химии координационных соединений». Душанбе, 2011г. С. 202-207». – Душанбе, ТНУ, 2011. – С. 202 – 207.

73. **Самихов, Ш.Р.** Применение хлоридовозгонки для золотых мышьяксодержащих концентратов различных месторождений Таджикистана / **Ш.Р. Самихов, З.А. Зинченко, Ю.Б. Азизкулов** // Материалы Республиканской научно-практической конференции: «Перспективы синтеза в области химии и технологии гетеросоединений». – Душанбе, ТНУ, 2012. – С. 64 – 69.

74. **Самихов, Ш.Р.** Особенности кучного выщелачивания золота при переработке различных типов руд / **Ш.Р. Самихов, З.А. Зинченко** // Материалы Республиканской научно-практической конференции: «Перспективы синтеза в области химии и технологии гетеросоединений». – Душанбе, ТНУ, 2012. – С. 54 – 57.

75. **Самихов, Ш.Р.** Способы переработки упорных золотосодержащих руд Таджикистана / **Ш.Р. Самихов, З.А. Зинченко** // Материалы Международной научно-практической конференции «Комплексный подход к использованию и переработке угля». Душанбе, Институт химии АН РТ, 2013. С. 133-137». – Душанбе, 2012. – С. 92 – 95.

76. **Самихов, Ш.Р.** Термодинамический анализ хлоридовозгоночного обжига концентратов месторождения Чоре / **Ш.Р. Самихов, З.А. Зинченко** // Материалы Республиканской научно-практической конференции «Внедрение наукоёмкой техники и технологий в производство». – Душанбе, ТНУ, 2013. – С. 22 – 24.

77. **Самихов, Ш.Р.** Перспективы внедрения кучного (отвального) выщелачивания золота из бедных руд месторождения Олимпийское в ООО СП «Зеравшан» / **Ш.Р. Самихов, Б.А. Бобохонов** // Материалы IV Международной научно-практической конференции «Обеспечение продовольственной, экономико-социальной безопасности в процессе глобализации и конкурентоспособности государств». – Душанбе, ТТУ, 2013. – С. 35 – 41.

78. **Самихов, Ш.Р.** Исследование кинетики растворения золота и серебра в водных растворах тиомочевин / **Ш.Р. Самихов, З.А. Зинченко, О.М. Бобомуродов** // Материалы Республиканской конференции «Перспективы

инновационной технологии в развитии химической промышленности Таджикистана». – Душанбе, ТНУ, 2013. – С. 29 – 33.

79. **Самихов, Ш.Р.** Аммиачно-цианидное выщелачивание окисленной золото-, медно-, мышьяксодержащей руды / **Ш.Р. Самихов, Б.А. Бобохонов** // Материалы Республиканской конференции «Перспективы инновационной технологии в развитии химической промышленности Таджикистана». – Душанбе, ТНУ, 2013. – С. 34 – 37.

80. **Самихов, Ш.Р.** Влияние температуры процесса цианирования на извлечение золота из руд месторождения Гарор / **Ш.Р. Самихов, З.А. Зинченко**, // Материалы Республиканской научно-практической конференции «Комплексная переработка местного сырья и промышленных отходов». – Душанбе, ТНУ, 2013. – С. 64 – 67.

81. **Самихов, Ш.Р.** Тиосульфатное растворение золота и серебра из руды месторождения Чоре / **Ш.Р. Самихов, З.А. Зинченко** // Материалы Республиканской научно-практической конференции «Комплексная переработка местного сырья и промышленных отходов». – Душанбе, ТНУ, 2013. – С. 67 – 72.

82. **Самихов, Ш.Р.** Изучение кинетики процесса цианирования золота и серебра из руды месторождения Мосариф / **Ш.Р. Самихов, З.А. Зинченко** // Наука и инновация ТНУ. – Душанбе, ТНУ, 2014. – № 1. – С. 88 – 92.

83. **Самихов, Ш.Р.** Моделирование процесса кучного выщелачивания бедных руд месторождения Хирсхона / **Ш.Р. Самихов, З.А. Зинченко, Н. Шерматов** // Материалы 5-й Международной научно-практической конференции «Всемирная торговая организация: Развитие науки, техники и образования». – Душанбе, ТТУ, 2014. – С. 23 – 26.

84. **Зинченко, З.А.** Разработка технологий переработки золотосодержащих руд Таджикистана / **З.А. Зинченко, Ш.Р. Самихов, И.А. Тюмин, М.С. Исмоилова** // Научная конференция «Актуальные проблемы современной науки». Посв. 70- летию Победы в Великой Отечественной Войне. – Душанбе, Ф МИСиС, 2015. – С. 19 – 20.

85. **Самихов, Ш.Р.** Тиомочевинное выщелачивание золото- серебросодержащих руд / **Ш.Р. Самихов, З.А. Зинченко, О.М. Бобомуродов** // Материалы Международной научно-практической конференции, посв. 1150-летию персидско-таджикского учёного-энциклопедиста, врача, алхимика и философа Абу Бакра Мухаммада ибн Закария Рази. – Душанбе, Институт химии АН РТ 2015. – С. 81 – 83.

86. **Самихов, Ш.Р.** Тиосульфатное выщелачивание золотых мышьяксодержащих руд / **Ш.Р. Самихов, З.А. Зинченко, О.М. Бобомуродов** // Материалы Республиканской научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава и сотрудников ТНУ, посв. «700-летию Мир Сайида Али Хамадони». – Душанбе, ТНУ, 2015. – С. 52 – 53.

87. **Самихов, Ш.Р.** Интенсификация кучного (отвального) выщелачивания бедных руд месторождения Олимпийское / **Ш.Р. Самихов, З.А. Зинченко** // Материалы Республиканской научно-практической конференции «Роль молодёжи в развитии отечественной науки». – Душанбе, АН РТ, 2015. – С. 136 – 141.

88. **Самихов, Ш.Р.** Тиосульфатное выщелачивание золото-, серебряно-, медных флотационных концентратов / **Ш.Р. Самихов, З.А. Зинченко** // Материалы XII Нумановских чтений «Состояние и перспективы развития органической химии в Республике Таджикистан». – Душанбе, Институт химии АН РТ, 2015. – С. 44 – 47.

89. **Самихов, Ш.Р.** Поведение пирита и арсенопирита в процессе обжига флотационного концентрата / **Ш.Р. Самихов, Х.А. Махмудов, Х.И. Холов**

// Материалы Республиканской научно-практической конференции, посв. 25-ти летию Государственной независимости Республики Таджикистан и 10-ти летию ГМИТ. – Чкаловск, ГМИТ, 2016. - С. 62-64.

90. **Самихов, Ш.Р.** Вскрытие упорных золото-, медно-, мышьяковых концентратов азотной кислотой / **Ш.Р. Самихов, З.А. Зинченко** // Материалы Республиканской научно-практической конференции «Проблемы материаловедения в машиностроении Республики Таджикистан». – Душанбе, ТТУ, 2016. - С.136-141.

91. **Самихов, Ш.Р.** Тиосульфатное выщелачивание золота, серебра и меди из руды и концентратов месторождения Тарор / **Ш.Р. Самихов, З.А. Зинченко** // Материалы Международной научно-практической конференции «Проблемы разработки месторождений полезных ископаемых» посв. к 25-летию Государственной Независимости Республики Таджикистан и 10-летию Горно-металлургического института Таджикистана. – Чкаловск, ГМИТ, 2016. - С. 109-111.

92. **Самихов, Ш.Р.** Роданидное выщелачивание золота и серебра из руд / **Ш.Р. Самихов, З.А. Зинченко**, // Материалы Международной научной конференции «Роль молодых учёных в развитии науки, инноваций и технологий» посв. 25-летию государственной независимости Республики Таджикистан». – Душанбе, АН РТ, 2016. - С. 148-152.

Ихтироотҳо аз рӯи мавзӯи диссертатсия:

94. Малый патент Республики Таджикистан № ТЈ 485, МПК(2011.01) 11/08 С22В Способ переработки упорных золотосодержащих концентратов / **Ш.Р. Самихов**; заявитель и патентообладатель: З.А. Зинченко - №1100648; заявл. 19.08.11; опубл. 07.12.11, Бюл. 68, 2011. – 2 с.

95. Малый патент Республики Таджикистан № ТЈ 517, МПК(2011.01) С22В 11/08 Способ извлечения золота из золотосодержащего сырья / З.А. Зинченко; заявитель и патентообладатель: **Ш.Р. Самихов, И.А. Тюмин** №1100687 заявл. 15.12.2011, опубл. 14.06.12, Бюл. 74, 2012. – 2 с.

96. Малый патент Республики Таджикистан № ТЈ 592, МПК(2012) С22В 11/08 Способ извлечения золота из бедных забалансовых руд / **Ш.Р. Самихов**; заявитель и патентообладатель: З.А. Зинченко, Б.А. Бобохонов №1000526 заявл. 26.09.2011, опубл. 11.12.13, Бюл. 92, 2013. – 2 с.

97. Малый патент Республики Таджикистан № ТЈ 693, МПК С22В 11/08 Способ извлечения золота из бедных забалансовых руд / **Ш.Р. Самихов**; заявитель и патентообладатель: З.А. Зинченко, Б.А. Бобохонов №1400869 заявл. 08.07.2014, опубл. 02.06.15, Бюл. 107, 2015. – 2 с.

98. Малый патент Республики Таджикистан № ТЈ 691, МПК С22В 11/08 Способ извлечения золота из рудных концентратов / **Ш.Р. Самихов**; заявитель и патентообладатель: О.М. Бобомуродов №1400861 заявл. 09.06.2014, опуб. 15.05.15, Бюл. 106, 2015. – 2 с.

ШАРҲИ МУХТАСАР

ба диссертатсияи Самихов Шонаврӯз Раҳимович «Асосҳои илмӣ технологияи коркарди маъданҳои тиллодори душворкоркард ва камҳосили конҳои Тоҷикистон», барои дарёфти дараҷаи илмӣ доктори илмҳои техники аз рӯи ихтисоси 05.17.01 – технологияи моддаҳои ғайриорганикӣ

Мақсади корҳои таҳқиқотӣ ин омӯзиши асосҳои илмӣ технологияи коркарди маъданҳои тиллодори душворкоркард ва камҳосили конҳои Тоҷикистон мебошад, ки қобилияти беҳтаргардонии ҳифзи муҳити атроф ва комплексӣ истифодабарии ашёҳои минералиро зоҳир менамояд.

Ба сифати маъданҳои конҳои таҳқиқотӣ: маъданҳои душворганигардонидашавандаи тилло, мис ва арсендори конҳои Тарор ва Чоре, маъданҳои тиллодори камҳосили конҳои Ҷилав, Олимпикӣ, Хирсхона, Мосариф ва Ҷилави Шимолӣ дохил мешаванд. Барои ҳали ин масъалаи гузошташуда усулҳои таҳқиқотии муосир зерини физикӣ-химиявӣ рентгенофазавӣ, атомӣ-абсорбсионӣ, спектроскопӣ, фотокolorиметрӣ, инчунин титрдометрӣ, баркашӣ, гравиметрӣ ва дигар усулҳои таҳлил, таҷрибаҳои технологӣ, озмоишгоҳӣ, нимисаноатӣ ва саноатӣ истифода карда шудааст.

Дар асоси таҳқиқотҳои эксперименталӣ: қонуниятҳои раванди ҷудокунии тилло, нукра ва мис хангоми хлорбуғронкунии концентратҳои душворкоркард бо истифодабарии ба сифати хлоридҳо NaCl , CaCl_2 ва омехтаи онҳо инчунин нақшаи принципалии коркарди онҳо тавсия карда шудааст; асосҳои илмӣ технологияи раванди ҳалшавии концентрати тилло, мис ва арсендор дар кислотаи нитрат омӯхта шудааст. Дар асоси омӯзиши маълумотҳои кинетикӣ имконияти механизми гузариши раванди кушодашавии концентрат бо кислотаи нитрат ва коркарди нақшаи принципалии технологияи объекти таҳқиқшаванда бо ба даст овардани тилло ва мис муайян карда шудааст; бори аввал имконияти истифодабарии ишқоронии тиокарбамид ва тиосульфат барои ҷудокунии тилло ва нукра аз маъданҳои душворкоркард ва концентратҳои Тоҷикистон нишон дода шуда, тоза кардани арсен аз маҳлул омӯхта шудааст; бори аввал таҳқиқот оиди шароити тӯдаи ишқоронии маъданҳои камҳосили конҳои Ҷилав, Олимпикӣ, Ҷилави Шимолӣ ва Хирсхона гузаронида шудааст; раванди тӯдаи ишқоронӣ бо модели математикӣ коркард шудааст, ки имконияти параметрҳои раванди технологиро дар ҳамагуна лаҳзаи вақти додашуда назорат ва пешгӯӣ менамояд.

Аз рӯи натиҷаҳои таҳқиқоти гузаронидашуда 5 нахустпатенти Ҷумҳурии Тоҷикистон ба даст оварда шудааст. Санчишҳои нимисаноатӣ ва саноатии технологияи тӯдаи ишқоронӣ аз маъданҳои гуногуни кон гузаронида шудааст, ки дар натиҷа дараҷаи ҷудошавии тилло ба 69 % расида, арзиши 1 грамм тилло ба дастномада 10, 4 доллари ШМА-ро ташкил дод. Ҷоида дар аз як сикли таҷрибавӣ 45298 доллари ШМА-ро ташкил дод.

Рисолаи диссертатсионӣ аз ҷаҳор боб иборат буда, муқаддима, боби таҳлилии адабиёт, се боби маводи эксперименталӣ, хулосаҳо, рӯйхати адабиёт ва замимаҳо дар бар мегирад. Диссертатсия дар 315 саҳифаи ҳуруфчинии компютерӣ баён мегардад, ки дорои 109 ҷадвал, 72 расм ва 240 номгӯи манбаҳои адабиётӣ мебошад.

Натиҷаҳои асосии рисолаи диссертатсионӣ дар 91 интишороти илмӣ, аз ҷумла 1 монография, 28 мақола дар маҷаллаҳои тақризӣ бонуфуз, ки КОА-и назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон тавсия намудааст ва дар 54 маводҳои конфронсҳои байналмилалӣ ва Ҷумҳуриявӣ нашр шудааст.

Калимаҳои калидӣ: ишқоронии сианидӣ, кон, ишқоронии тиомочевинӣ, ишқоронии тиосульфатӣ, оксидуни бо пухтан, хлорбуғронкунии тилло ва нукра, кинетикаи раванди хлорбуғронкунии, таҳқиқоти химиявӣ-технологӣ, нақшаи коркарди технологӣ, моделронии математикӣ, ишқоронии флотоконцентрат бо кислотаи нитрат, ишқоронии маъданҳои тиллодор дар манора, тӯдаи ишқорони дар таҷрибаи саноатӣ.

РЕЗЮМЕ

к диссертации Самихова Шонавруза Рахимовича «Научные основы технологии переработки упорных и бедных золотосодержащих руд Таджикистана», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.17.01 – технология неорганических веществ

Цель работы заключается в изучение научные основы технологии переработки упорных и бедных золотосодержащих руд Таджикистана, способствующих охране окружающей среды, повышению полноты и комплексности использования минерального сырья.

Объектами исследований являлись: труднообогатимые золото-, медно-, мышьяксо-держащие руды Тарорского и Чоринского месторождений и золотосодержащие бедные руды месторождений Джилау, Олимпийское, Хирсхона, Мосариф и Северное Джилау. Для решения поставленных задач в работе использованы современные методы исследований: рентгенофазовый, атомно-абсорбционный, спектроскопический, фотоколориметрический, а также титройдометрический, пробирный, гравиметрический и другие методы анализа, технологическое тестирование, укрупненные лабораторные, полупромышленные и опытно-промышленные испытания.

На основе экспериментальных исследований: установлены закономерности процессов извлечения золота, серебра и меди при хлоридовозгонке упорных концентратов с использованием в качестве хлоринаторов NaCl , CaCl_2 и их смесей и предложена принципиальная схема их переработки; изучены научные основы технологии процесса разложения золото-, медно-, мышьяковых концентратов азотной кислотой. На основе изучения кинетических данных установлен возможный механизм протекания процесса азотнокислотного вскрытия концентратов, и разработана принципиальная технологическая схема переработки исследуемых объектов с получением золота и меди; впервые показана возможность применения тиокарбамидного и тиосульфатного выщелачивания для извлечения золота и серебра из упорных руд и концентратов Таджикистана. Изучена возможность утилизации мышьяка из растворов; впервые исследованы условия отвального выщелачивания бедных руд месторождений Джилау, Олимпийское, Северное Джилау и Хирсхона; разработана математическая модель процесса кучного (отвального) выщелачивания, позволяющая прогнозировать и контролировать технологические параметры процесса в любой заданный момент времени.

По результатам исследований получено 5 малых патентов Республики Таджикистан на изобретение. Проведена полупромышленная и опытно-промышленная проверка технологии кучного (отвального) выщелачивания на рудах различных месторождений, в результате которых достигнута степень извлечения золота - 69 %, себестоимость получения 1 грамма золота составила 10,4 доллара США, а прибыль за один цикл опытных испытаний составляло 45298 дол. США.

Диссертационная работа состоит из четырёх глав, включает введение, обзор литературы, три главы экспериментального материала, выводы, список литературы и приложений.

Диссертация изложена на 315 страницах компьютерного набора, включая 109 таблиц, 72

рисунка и 240 наименование литературных источников.

Результаты работы отражены в 90 научных публикациях, из которых 1 монография, 28 статей в рецензируемых, рекомендованных ВАК при Президенте Республики Таджикистан и в 54 материалах международных и республиканских конференций.

Ключевые слова: цианидное выщелачивание, месторождения, тиомочевинное выщелачивание, тиосульфатное выщелачивание, окислительный обжиг, хлоридовозгонки золота и серебра, кинетика процесса хлоридовозгонки, химико технологические исследования, технологическая схема, математическое моделирование, азотнокислотного выщелачивания флотоконцентратов, колонного выщелачивания золотосодержащих руд, опытно - промышленные испытания отвального выщелачивания.

SUMMARY

to the dissertation of Samikhov Shonavruz Rakhimovich "Scientific bases of the technology of processing of persistent and poor gold-bearing ores of Tajikistan", submitted for the scientific degree of doctor of technical sciences in specialty 05:17:01 - technology of inorganic substances

The aim of the work is to study the chemical-technological and technological bases for processing of the stubborn and poor gold-bearing ores of Tajikistan, which contribute to environmental protection, increase the completeness and complexity of the use of mineral raw materials.

The objects of research were: difficult-to-enrich gold-, copper-, arsenic-bearing ores of the Taror and Chorin deposits and gold-bearing poor ores of the Gilau, Olympic, Hirskhona, Mosarif and Northern Gilau areas. To solve the tasks in hand, modern methods of research were used in the work: X-ray phase, atomic absorption, spectroscopic, photolorimetric, and also titroiodometric, assay, gravimetric and other methods of analysis, technological testing, large-scale laboratory, semi-industrial and pilot-industrial tests.

On the basis of experimental studies: regularities in the processes of gold, silver and copper recovery during chloride sublimation of refractory concentrates using NaCl, CaCl₂ and their mixtures as chlorinators have been established and a principlic scheme for their processing has been proposed; The physicochemical bases of the process of decomposition of gold, copper, and arsenic concentrates with nitric acid have been studied. On the basis of the study of kinetic data, a possible mechanism for the process of the nitric acid opening of concentrates has been established, and a principal technological scheme for processing the objects under study with obtaining gold and copper has been developed; For the first time has been shown the possibility of using thiourea and thiosulphate leaching for the extraction of gold and silver from persistent ores and concentrates of Tajikistan. The possibility of utilization of arsenic from solutions was studied; For the first time were studied the conditions for the dump leaching of poor ores from the deposits of Jilau, Olimpiyskoe, Northern Gilau and Hirschon; a mathematical model of the process of heap (dump) leaching has been developed, which allows to predict and control the technological parameters of the process at any given time.

Based on the results of the research for the invention were obtained. five small patents of the Republic of Tajikistan. Semi-industrial and pilot industrial verification of the technology of heap (dump) leaching on ores of various locations, as a result of which the degree of gold extraction was achieved – 69 %. The cost of obtaining 1 gram of gold amounted to 10,4 USA dollars. The profit for one cycle of experimental tests was equal to 45298 USA dollars.

The thesis consists of four chapters, including introduction, review of literature, three chapters of experimental material, conclusions, a list of literature and applications.

The thesis is set out on 315 pages of the computer kit, including 109 tables, 72 drawing and 240 names of literary sources.

The results of the work are reflected in 90 scientific publications, of which 1 monograph, 28 articles in peer-reviewed, academic, translated journals recommended by the Higher Attestation Commission and 54 materials of international and republican conferences.

Key words: cyanide, deposits and thiosulphate leaching, oxidative roasting, gold and silver chloride sublimation, kinetics of the chloride sublimation process, physicochemical studies, processing scheme, mathematical modeling, nitric acid leaching of flotation concentrates, column leaching gold - bearing ores, pilot - industrial tests of dump leaching.

Сдано в печать 07.12.2017 г.
Подписано в печать 18.12.2017 г.
Формат 60x84 1/8. Бумага офсетная.
Печать офсетная. Тираж 100 экз.

Отпечатано в типографии
Министерства образования и науки РТ
г. Душанбе, ул. Лахути 6, 1 проезд