

+ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ө.А. Байқоңыров атындағы Тау – кен металлургия институты

«Металлургиялық процестер, жылу техникасы және арнайы материалдардың технологиялары» кафедрасы

Мұқанов Темірлан

«Байыту қалдықтарынан мысты шаймалау процесін зерттеу»

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Мамандығы: 5В070900 – Металлургия

Алматы 2022

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ө.А. Байқоңыров атындағы Тау – кен металлургия институты

«Металлургиялық процестер, жылу техникасы және арнайы материалдардың технологиялары» кафедрасы

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
НАО «КазНИТУ им.К.И.Сатпаева»
Горно-металлургический институт
им. О.А. Байқоңырова

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ
МТЖ және АМТ кафедра
менгерушісі, PhD докторы,
техн. ғыл. кандидаты,
қауымдасқан профессор
Челуштанова Т.А.
06 2022 ж.

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: «Байыту қалдықтарынан мысты шаймалау процесін зерттеу»

Мамандығы: 5В070900 – Металлургия

Орындаған

Мұқанов Т.

Пікір беруші

Ғылыми жетекші

МЖКБ институтының

қауымды. профессор Ph.D

Гидрометаллургияның арнайы әдістері

зертханасының менгерушісі,

техн. ғыл. канд.,

 Койжанова А.К.,
«_____» _____ 2022 ж.

 Мамырбаева К.К.,
«_____» _____ 2022 ж.

Алматы 2022

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы казак ұлттық техникалық зерттеу университеті

Тау – кен металлургия институты

«Металлургиялық процестер, жылутехникасы және арнайы материалдар технологиясы» кафедрасы

5B070900 – Металлургия

БЕКІТЕМІН:

МІПЖЖАМТ кафедрасының меңгерушісі
қауымд. проф. Ph.D., техн.ғыл. канд.

Чепуштанова Т.А

2022 ж.

Дипломдық жоба орындауға

ТАПСЫРМА

Білім алушы: Мұқанов Темірлан

Тақырыбы: Байыту қалдықтарынан мысты шаймалау процесін зерттеу

Университет Ректорының 2021 жылғы «24» желтоқсан №489-П/Ө-б
бұйрығымен бекітілген

Аяқталған жобаны тапсыру мерзімі: «24» Мамыр 2022ж.

Дипломдық жобаның бастапқы берілістері: қалдықтардан мысты күкірт қышқылымен шаймалау

Дипломдық жобада қарастырылатын мәселелер тізімі:

а) Техногенді қалдықтарды өңдеуге критикалық талдау жүргізу;

б) Эксперименттік бөлім – мысқұрамды жүйелерге термодинамикалық талдау жүргізу; байыту қалдықтарынан мысты күкірт қышқылымен шаймалауға әр түрлі параметрлердің әсер етуін зерттеу;

в) Экономикалық есептеулер мен еңбек қорғау іс-шараларын қарастыру;

г) Қорытынды;

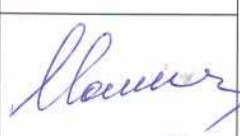

Сызба материалдар тізімі кемінде 15 слайд (міндетті сызбалар дәл көрсетілуі тиіс):

Ұсынылған негізгі әдебиет 18 атаудан тұрады

Дипломдық жұмысты (жобаны) дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекші мен кеңесшілерге көрсету мерзімдері	Ескерту
Кіріспе	19.02.2022 ж.	
Әдеби шолу	02.03.2022 ж.	
Технологиялық бөлім	29.04.2022 ж.	
Металлургиялық есептеулер	19.05.2022 ж.	
Қорытынды	26.05.2022 ж.	

Дипломдық жұмыс (жоба) бөлімдерінің кеңесшілері мен норма бақылаушының аяқталған жұмысқа (жобаға) қойған
қолтаңбалары

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер, аты, әкесінің аты, тегі (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Негізгі бөлім	Қауымд.профессор.Ph.D К.К. Мамырбаева	3.06.2022	
Норма бақылау	т.ғ.к., сениор – лектор, С.С. Коныратбекова	3.06.2022	

Ғылыми жетекші  – Мамырбаева К.К.

Тапсырманы орындауға алған білім алушы  Мұқанов Т.

Күні " ___ " _____ 2022 ж.

АҢДАТПА

Дипломдық жұмыс тапсырмадан, кіріспеден, 3 тараудан, қорытындыдан және қолданылған әдебиеттер тізімінен тұрады. Жұмыс дербес компьютерде терілген 28 бетте баяндалған және оның құрамына 4 суреттер, 6 кестелер кіреді. Қолданылған әдебиеттер тізімі 18 атаудан тұрады.

Өзекті сөздер: байыту қалдығы, мыс, үйінді шаймалау, хризоколла минералы, күкірт қышқылы.

Дипломдық жұмыстың мақсаты – мыс құрамды байыту қалдықтарынан мысты бөліп алуға әртүрлі факторларды зерттеу.

Зерттеу объектісі: құрамында 0,28 % мыс бар байытудан қалған кен қалдығы.

Бірінші бөлімде мыс құрамды кендерді байытудан қалған қалдықтардан мысты бөліп алу әдістеріне әдеби талдау келтірілген. Эксперименттік бөлімде байыту қалдықтарынан мысты бөліп алу кезінде қолданылған реагенттер, жабдықтар, әдістемелер, сондай-ақ мысқұрамды жүйелерге термодинамикалық талдаулар келтірілген. Мысқұрамды кендерді байытудан қалған қалдықтардан мысты шаймалаумен бөліп алуға әр түрлі параметрлердің әсер ету нәтижелері келтірілген.

Сонымен қатар, зерттеуге кеткен шығындар есептеліп, қоршаған ортаны қорғауға қатысты іс-шаралар қарастырылған.

АННОТАЦИЯ

Дипломная работа состоит из задания, введения, 3 глав, заключения и списка использованной литературы. Работа изложена на 28 страницах, набранных на персональном компьютере, и включает в себя 4 рисунков, 6 таблиц. Список использованной литературы состоит из 18 наименований.

Ключевые слова: остаток обогащения, медь, отвальное выщелачивание, минерал хризоколла, серная кислота.

Цель дипломной работы-изучение различных факторов на выделение меди из отходов медьсодержащего обогащения.

Объект исследования: остаток руды от обогащения, содержащий 0,28 % меди.

В первом разделе представлен литературный анализ методов извлечения меди из отходов обогащения медьсодержащих руд. В экспериментальной части приведены реагенты, оборудование, методики, использованные при выделении меди из отходов обогащения, а также термодинамические анализы медьсодержащих систем. Приведены результаты влияния различных параметров на выделение меди выщелачиванием из отходов обогащения медьсодержащих руд.

Кроме того, подсчитаны затраты на исследования и предусмотрены мероприятия, связанные с охраной окружающей среды.

ANNOTATION

The thesis consists of a task, an introduction, 3 chapters, a conclusion and a list of references. The work is presented on 28 pages typed on a personal computer, and includes 4 figures, 6 tables. The list of references consists of 18 titles.

Keywords: enrichment residue, copper, dump leaching, chrysocolla mineral, sulfuric acid.

The purpose of the thesis is to study various factors for the isolation of copper from copper-containing enrichment waste.

Object of research: ore residue from enrichment containing 0.28% copper.

The first section presents a literary analysis of methods for extracting copper from waste from the enrichment of copper-containing ores. The experimental part contains reagents, equipment, techniques used in the separation of copper from enrichment waste, as well as thermodynamic analyses of copper-containing systems. The results of the influence of various parameters on the extraction of copper by leaching from the waste of enrichment of copper-containing ores are presented.

In addition, research costs have been calculated and measures related to environmental protection are envisaged.

МАЗМҰНЫ

	Кіріспе	9
1	Әдеби шолу	10
1.1	Қайталап өңделе алатын қорлар, оларды өңдеу динамикасы	10
1.2	Қалдықтардан мысты және тағы басқа түсті металдарды бөліп алу	13
1.3	Мысты байыту қалдықтарынан шаймалау технологиясының қарқындылығын арттыру	15
2	Эксперименттік бөлім	17
2.1	Байыту қалдықтарының сипаттамасы	17
2.2	Үлгідегі мыс минералдарының еруіне термодинамикалық талдау	18
2.3	Кен қалдығындағы мысты бөліп алуға әр түрлі параметрлердің әсерін зерттеу эксперименттері	19
2.4	Шаймалау үдерісіне шаймалау ұзақтығының әсер етуін зерттеу	21
3	Экономикалық бөлім	24
4	Қауіпсіздік және еңбекті қорғау	26
	Қортынды	27
	Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	28
	Қосымша А	30
	Қосымша Ә	34

КІРІСПЕ

Қазақстанның ұлттық экономикасының тұрақты дамуы мен қауіпсіздігінің маңызды кепілі – еліміздегі түсті металдар мен қара металдардың минералдық шикізат қорлары. Минералдық шикізат ресурстары еліміздің даму стратегиясын анықтайтын негізгі факторлардың бірі. Маңыздылығы жағынан олар үш топқа бөлінеді.

Қазақстанның металлургиялық секторы отандық экономика саласының өте үлкен секторы болып табылады. Қазақстан металлургиясының ең басты артықшылығы – өзінің жеке металлургиялық-шикізаттық базасының болуы.

Минералдық шикізаттың қорлары елімізде әрі бай және әрі сан алуан болғанымен, нақты бір металдың үлесі айтарлықтай аз болу себебінен, кеніштердің орналасу аудандары күрделі, тасымалдау ара қашықтықтары ұзақ болуы себептерінен оларды өнеркәсіптік жолмен өңдеу қиын болып отыр. Сондықтан отанымыздағы металдардың минералды шикізаттарын өндіру технологияларының басым көпшілігі экология, экономика мен кешенді өңдеу бойынша қойылатын талаптар мен заңдарға сәйкес келмей қалады. Осылардың салдарынан республикада өндіріс шаңдары, техногенді қалдықтары және т.с.с. түрлері көп, олардың өндіріс зауыттарының жанында, далада жатқан орындары орасан үлкен, қаншама басқа мақсатта пайдаға асырылатын аудандарды басып отыр [2].

Диплом жұмысының тақырыбы дәл осы текті маңызды мәселеге – байыту қалдықтарынан мысты шаймалап бөліп алуды зерттеу болып табылады.

Осы мақсатты толығымен ашу үшін үшін төмендегідей міндеттер жоспарланды:

- байыту қалдықтары, олардан мысты бөліп алу бойынша әдеби көздерге шолу жасау және патенттік талдау жүргізу;
- сулы ерітінділермен мыстың байыту қалдықтарында болатын минералдарының еруіне, яғни мыстың шаймалануын болжау үшін термодинамикалық талдау жүргізу;
- сынамалардан мысты күкіртқышқылды шаймалау арқылы бөліп алу эксперименттерін жүргізу;
- алынған мәліметтерді өңдеу, қалдықтан мысты бөліп алу заңдылықтарын қорытындылау;
- зерттеулерді орындау кезінде кететін экономикалық есептеулер мен қоршаған орта қауіпсіздігі ережелерін сақтауды қарастыру.

Мысқұрамды кендерді байыту қалдықтарынан мысты бөліп алу бойынша зерттеулер металлургиялық процестер, жылутехникасы және арнайы материалдардың технологиялары кафедрасының оқу зертханаларында жүргізілді.

1 Әдеби шолу

1.1 Қайталап өңделе алатын қорлар, оларды өңдеу динамикасы

Соңғы уақытта бүкіл әлемде байыту фабрикаларының қалдықтарын қайта өңдеудің тиімді гидрометаллургиялық әдістерін әзірлеуге көп көңіл бөлінуде. Гидрометаллургиялық технологиялар металдарды алудың төмен өзіндік құнын қамтамасыз етеді және пирометаллургиялық өңдеу тәсілдеріне қарағанда қоршаған ортаға едәуір аз зиянды әсер етеді. Кен шикізаты сапасының төмендеуі және экологиялық талаптардың жоғарылауы жағдайында гидрометаллургиялық қайта өңдеудің артықшылықтары айқын.

Шаймалау процесінің барлық түрлері үшін металдарды ерітудің химиялық реакцияларына қышқыл алмасу, тотықтырғыш бактериялық немесе қышқыл мен тотықтырғыштың химиялық байытудың бактериялық әдісімен үйлесуі негіз болады. Негізінен күкірт қышқылымен шаймалау әдістері қолданылады үйінді және жер асты шаймалау. Қазіргі уақытта металл өнеркәсібіндегі техникалық прогрестің негізгі бағыттарының бірі жаңа жоғары рентабельді өнім шығаруды ұлғайтуға және оның бәсекеге қабілеттілігін арттыруға мүмкіндік беретін технологиялық процестердің қарқындылығы мен арзандауы болып табылады.

Қарқындалу әдістері қамтиды жеке тұлғалардың физикалық, химиялық және механикалық тәсілдері. Мыс еруінің гидратация және протонизация сатыларын талдай отырып, сілтілеу процестерін белсендіру әдістері ұсынылады: ерітіндінің рН төмендеуі; фондық электролит аниондарының концентрациясының жоғарылауы; Анод поляризациясының жоғарылауы. Тікелей шаймалау әдістерінен басқа, мыс алудың біріктірілген технологияларына да ерекше назар аударылады, Мұнда негізгі назар алдын-ала алдын-ала атуға, содан кейін күкірт қышқылының ерітіндісімен шаймалауға аударылады.

Технологияның жеткілікті болмауынан және байыту фабрикалары мен зауыттардың жұмыс тәртіптерінің сақталмауы себебінен бағалы металдар флотация кезінде, кешенді кендерді, қиын байытылатын кендерді өңдеу кезінде көптеп жоғалады. Мыс қорғасын, мырыш және т.б. металдар қалдықтар ретінде тасталуы минералдардың бір бірімен тұтасып кетуінен толық ашылмауына, аса қатты ұсақталуына және флотациялық машиналарда тиімді реагенттердің жоқ болуына байланысты. Кендердің құрамы күрделі болған кезде оларды жеке жеке бөліп алу, дамыған технологиялық сұлбаларды қолдану, флотация тиімді жүргізу қажет етіледі. Бірақ та мұндай жұмыстар осы саладағы көптеген өндіріс орындарында жүргізілуде.

Төмен сапалы кендер – Балқаш, Зыряновск,

Лениногорск, Хрустальненский комбинаттарында, қиын байытылатын кендер - Ащысай, Норильск, Тырныауз, Приморск және т.б. комбинаттарда жүргізілуде

Қоңырат кен орнының қалдықтарындағы мұндай кендердің көп бөлігі Балқаш байыту фабрикасында ондаған мың тонна мысты алумен жүргізілуде. Мұндай кеннің бір бөлігі үймелі шаймалау әдісімен өңделуде.

Үйінді шаймалауды кедей тотыққан кендерді өңдеуге қолдану практикасы оның келешегі бар екендігін, яғни соңында алынатын өнімнің бағасы пирометаллургиялық әдіспен алынған металл құнынан үш есеге төмен екендігін, еңбек шығыны металл бірлігіне шаққанда 10 есеге төмен болатындығын көрсетті.

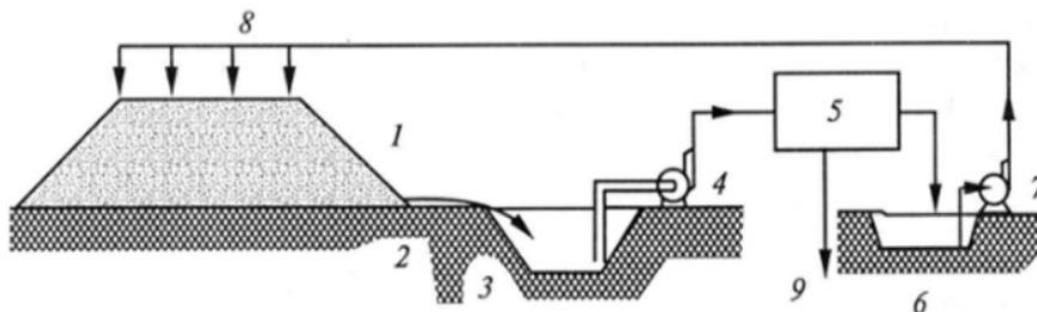
Үйінді шаймалау технологиясы

Баланстан тыс кендер немесе түсті металл кендерінің ескі үйінділері үймелеп шаймалауға ұшырайды. Бұл технология мыс, уран, мыс-мырыш және құрамында алтын бар кендерге кеңінен қолданылады.

Үйінділерді шаймалау процесі келесі кезеңдерді қамтиды:

- үйінділер мен үйінділердің құрылысы;
- үйінділерді суару;
- олардың аэрациясы;
- өнімді ерітінділерді жинау және құнды компоненттерді
- өнімді ерітінді одан әрі пайдалану үшін ыңғайлы нысанда.

Үйінділер мен үйінділерді орнатқан кезде қалыптасу әдісін және оның өлшемдерін таңдау керек. Үйінді жинауға арналған алаң су өткізбейтін болуы тиіс. Осы мақсатта алаңға бетон, асфальт, гудрон мен байыту қалдықтарының қоспасы, саз, полимерлі пленка төселеді.



- 1 – үйінді; 2 –топырақ беті; 3 – өнімді ерітінділерді жинауға арналған тоған; 4 – сорғы; 5 – цементтеуге арналған науа;
6 – пайдаланылған ерітіндіге арналған тоған; 7 – сорғы;
8 – үйіндіні суару жүйесі; 9 – металл.

1.1 Сурет – Үйінді шаймалау

Ерітінді ағаш қораптармен қорғалған және 4-5 м арқылы қатарға орналастырылған перфорацияланған асбест-цемент құбырлары арқылы жиналады. Құбырлар үлкен кен қабатымен, содан кейін кішірек (10-30 мм)

немесе үлкен және ұсақ кеннің біркелкі қоспасымен жабылған. Үйінділер мен үйінділердің биіктігі 6 — дан 100 м-ге дейін, ені 10-20-дан 100-200 м-ге дейін, ұзындығы 100-ден 180 м-ге дейін болуы мүмкін

Шаймалау әдісі кеннің минералды құрамымен, оның гранулометриялық құрамымен, сүзу қасиеттерімен, үйінді мөлшерімен, климаттық жағдайымен анықталады. Суару бүрку арқылы немесе суару арықтарын немесе тоғандарды, айдау ұңғымаларын пайдалану арқылы жүзеге асырылады. Үйінділерді суару өнімді ерітіндідегі сілтілендірілетін компоненттің концентрациясы белгіленген шекке дейін төмендегенше жүргізіледі. Мыс кендері үшін шекті концентрация 0,5—1 г/л құрайды, содан кейін еріткіштің берілуі тоқтатылады, қаданың бөлігі ағызылады және тау массасы аэрацияланады.

Аэрация цикліндегі минералдардың тотығу процестерінің күшеюіне кеннің шаймаланған көлеміне жеткізілетін ауа мөлшерін көбейту арқылы қол жеткізіледі. Үйінділерді жақсы газдалған күйде ұстау үшін ұңғымалар бұрғыланады және оларға перфорацияланған пластикалық құбырлар орналастырылады. Әр түрлі кендер мен жағдайлар үшін суару және аэрация циклдерінің ұзақтығы әртүрлі. "Бингем Каньон" (АҚШ) кенішінде суару екі аптаға, ал аэрация циклі алты айға созылады.

Шаймалау кезіндегі еріткіштер әдетте цементаторлардың немесе экстракторлардың каудальды ерітінділері болып табылады. Ерітіндінің жоғалуы таза сумен қамтамасыз етіледі. Күкірт қышқылын қосу РН ерітіндісі 3-тен асқан кезде жасалады. Ерітіндідегі құнды компоненттің концентрациясы кең ауқымда өзгереді. Бастапқы ерітіндідегі мыс кендері үшін мыс концентрациясы 0,005 — тен 2 г/л — ге дейін, ал өнімді ерітінділерде 0,4-тен 3,6 г/л-ге дейін.

Үйінді шаймалау кезінде құнды компонентті алу 50-90 % жетеді, шаймалау ұзақтығы 3 - 4 жыл. Үйінді аэрациясы құнды компонентті алуды 20 – 30 % - ға арттыруға мүмкіндік береді.

Үйінділер мен үйінділерден мысты шаймалау бойынша 40-тан астам қондырғы бар. Үйінділерді шаймалау кезіндегі маңызды операция - бұл мыс ерітіндісінен оқшаулау.

Мыс ерітіндісінен химиялық және электролиттік тұндыру, иониттермен сорбциялау және цементтеу арқылы ажыратуға болады. Ерітінділерден алынған мыс электролизі оның концентрациясы 15 - 20 г/л-ден асқан кезде қолданылады [8].

Өнеркәсіптегі ерітінділерден мыс шығару негізінен темір скрабы арқылы цементтеу арқылы жүзеге асырылады. Жіңішке темір, қалайы, темір сынықтары, қырыну скрабы ретінде қолданылады. Кеуекті темірдің мөлшері - 2+0,074 мм. мысты Цементтеу цемент ойықтарында, құмыраларда, ванналарда, барабандарда, конустық цементаторларда жүзеге асырылады. Губка безінде мыс алу 98 % жетеді. Цементтеу процесінде ерітіндідегі мыс иондарының концентрациясы төмендейді, ал темір жоғарылайды [1].

Мыс өндірудің технологиялық схемасына келесі негізгі операциялар кіреді: кенді шаймалау, өнімді ерітінділерді жинау және оларды күкірт қышқылымен Қышқылдандыру, темір скрабына мыс Цементтеу, цемент мысын сору және ұсақ скрапты шығару, цемент мысын дегидратациялау және ерітіндіден натрий гидросульфидімен мырыш шығару. Үйінділерді шаймалау процесінің технологиялық көрсеткіштері кеннің қасиеттеріне, бактериялардың санына, шаймалаудың технологиялық режиміне және Мыстың тұндырылуына байланысты. Технологиялық процестің әртүрлі кезеңдеріндегі ерітінділердегі бактериялардың саны әр түрлі — суармалы ерітінділерде 1 мл— ге $1,7 \cdot 10^5$ — $1,7 \cdot 10^7$ жасуша, өнімді ерітінділерде бір-екі ретті жоғары.

1.2 Қалдықтардан мысты және тағы басқа түсті металдарды бөліп алу

Мыс байыту қалдықтарында тотыққан және сульфидті түрінде кездеседі. Сульфидті кендердің негізгі минералдары болып борнит, пирит, халькозин, молибденит, халькопирит және т.б. табылады. Сульфидті кенде әрқашан пирит FeS_2 немесе пирротин Fe_7S_8 көп мөлшерде болады.

1.1 Кесте – Мыс минералдары

Минерал	Химиялық формуласы	Құрамында, %
Халькопирит	CuFeS_2	34,6
Борнит	$\text{Fe}_2\text{S}_3 \cdot \text{Cu}_2\text{S}$	63,3
Кубанит	CuFe_2S_3	23,4
Ковеллин	CuS	66,5
Халькозин	Cu_2S	79,8
Малахит	$\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$	57,4
Азурит	$2\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$	55,3
Хризоколла	$\text{CuSiO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	32,8–40,3
Брошантит	$\text{CuSO}_4 \cdot 3\text{Cu}(\text{OH})_2$	56,2

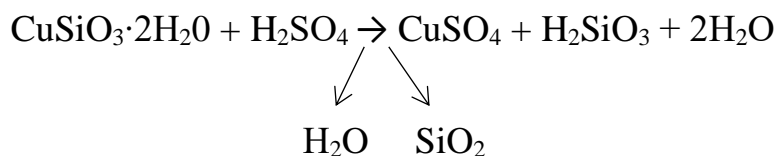
Хризоколла

Халькопирит, ковеллин, халькозин, малахит, хризоколла, азурит, куприт, диоптаз мыстың басты минералдары болып табылады [9].

Хризоколла-тотығу аймағының беткі бөлігіндегі ең көп таралған минерал. Рационалды талдау бойынша ол екі сортпен ұсынылған. Біріншісі көкшіл-сұр түске ие және тотығу аймағының жоғарғы бөлігінде (3-5 м тереңдікте) жарықтар қабырғаларында пленкалар мен бляшкалар түрінде кездеседі. Әдетте темір және марганец гидроксидтерімен, гипергенді

кальцитпен, сирек малахитпен байланысты. Екіншісі көк немесе көкшіл-көк түске ие және жартылай оксидті кендердің аймақтарында тығыз Опал тәрізді қабықшалар мен қуаты 2-3 мм қыртыстар түрінде, жұқа қабатты құрылым түрінде кездеседі (сурет. 1), малахитпен байланысты. Хризоколланың бірінші түрінің даму аймағынан төмен таралған-малахит аймағында.

Хризоколланың ерігіштігі және еру жылдамдығы малахитке ұқсас анықталды.



Қышқыл концентрациясының 0,05-тен 1 R - экв/дм³-ге дейін жоғарылауымен хризоколланың 298 К температурада еру жылдамдығы 5 есе, ал 323 К-да үш есе артады. Малахитпен салыстырғанда H₂SO₄ концентрациясының өзгеруі айтарлықтай аз әсер етеді. Хризоколланың еру жылдамдығының абсолютті мәні орта есеппен малахитке қарағанда төмен. H₂SO₄ - хризоколла жүйесіндегі тепе-теңдік 20 сағат ішінде орнатылады.

Хризоколланың еру жылдамдығы мен ерігіштігін анықтау тәжірибелерінің нәтижелері H₂SO₄ ерітіндісіндегі β₂ масса беру коэффициентін есептеуге мүмкіндік берді. Бұл ретте CuSiO₃ H₂O ерігіштігінің шекті шамасы ескерілген, концентрациясы төмен (0,05 - 0,1 г-экв/дм³) H₂SO₄ ерітінділерінде масса берудің өте жоғары коэффициенті бар екенін атап өткен жөн. Шамасы, негізгі минералдармен қатар қоспалардың еруі байқалады. Қышқыл концентрациясының жоғарылауымен β₂ мәні малахит минералы үшін β₂ мәніне жақындайды ұқсас жағдайларда. Бұл H₂SO₄ ерітінділеріндегі хризоколланың массалық берілуінің жоғары коэффициентін көрсетеді.

Температураның 298-ден 323 К-ге дейін көтерілуі еру жылдамдығын 2 - 3 есе арттырады. Реакция тәртібі-0,67, бұл еріту процесінде бірнеше параллель реакциялардың жүруімен байланысты, өйткені минералдың құрамында оңай еритін қоспалар бар.

Хризоколланың еруіне қышқылдың температурасы мен концентрациясының әсері бойынша алынған деректер. Алайда, әдебиетте нақты жылдамдықтың, масса алмасу коэффициентінің мәні, еріту процесінің сипатын сипаттау және ыдырау реакциясының тәртібі жоқ.

1.3 Мысты байыту қалдықтарынан шаймалау технологиясының қарқындылығын арттыру

Мыстың қоры елімізде айтарлықтай көп болғанымен олардың айтарлықтай мөлшері күрделі полиметалдық кеннің, қалдықтардың, баланстан шығарылған қалдықтардың құрамында. Түсті металлургияның, соның ішінде мыс өндірісінің қазіргі кездегі ең маңызды мәселелерінің бірі – шикізат

базасын кеңейту болып отыр. Шикізат базасын кеңейтуде миллиардтаған тонна қалдықтарды пайдалану, оларды өндеуде жаңа технологияларды қолдану тиімді болып табылады.

Мыс өндірісінің қалдықтарына келесілер жатады: шаң, шлактар, кен үйінділері және т.б. Бұл материалдар қолчедан күйіктерінен, мыстың түрлі қосылыстарынан тұрады және келесідей әдістермен қайта өңделеді:

- тікелей шаймалау;
- сульфатты және хлорлы күйдіруден кейін шаймалау.

Осы әдістермен алынған ерітінділерді цементация, сорбция, сұйықтық экстракция процестерімен бөліп алады [12].

Қалдықтарды 50 % күкірт қышқылымен қатты және сұйық қатынасы 1:1 дәрежесінде алып қалдықты 600 °С температурасында 1 сағат бойы сульфаттап күйдіргеннен кейін алынған күйіндіні 90 - 95 °С кезінде шаймалау арқылы мысты 80 %-ға дейін ерітіндіге бөліп алуға мүмкіндік береді.

Қазіргі уақыттағы металлургияда гидрометаллургиялық процестер көптеген металдар өндірісі кезінде кеңінен пайдаланылады: мырыш, мыс, никель, кобальт, алюминий, алтын, күміс, платиналы металдар, тантал, ниобий, ванадий, бериллий, жерде сирек кездесетін және де көптеген басқа металдар. Соңғы жылдары бөліп алудың жаңа сорбциялық және экстракциялық әдістерін кеңінен енгізу және өндеуге байланысты; металдарды бөлу және концентрлеу; фильтрсіз процестердің дамуы; автоклавты өндеу процестері ерітінділерден газдар арқылы металдардың бөліну және тұнбаға түсу процестерінің салдарынан гидрометаллургиялық процестердің қолдану аймағы мен тиімділігі ұдайы өсуде. Өңделетін шикізат түріне, металдар мен олардың қоспалар қасиеттеріне процесс мақсатына байланысты гидрометаллургиялық тәжірибеде әртүрлі дайындау және негізгі процестер, операциялар пайдаланылады. Олардың негізгілері:

- 1) кенді шикізатты шаймалауға дайындау;

Дайындау операцияларына мыналар жатады:

– бағалы материалдарды ашу және шаймаланатын қатты фазаның үлкен меншікті бетін құру мақсатымен кенді шикізатты механикалық өндеу (ұсақтау, ұнтақтау, классификациялау). Механикалық өндеу материалдың химиялық құрамының өзгеруімен жүрмейді;

– гидрометаллургиялық өндеуге қажетті қосылыстарды алу мақсатымен шикізаттың химиялық құрамының өзгеруімен бастапқы материалды өндеу.

- 2) шаймалау - ерітін компонентті қатты фазадан сулы ерітіндіге бөліп алу.

- 3) қатты және сұйық фазаларды бөлу (тұндыру, қоюлану және фильтрация операциялары);

- 4) ерітінділерді олардан металдардың немесе таза қосылыстардың бөлінуіне дайындау;

- ерітіндіні қоспалардан тазарту (рафирнирлеу);

– бөліп шығарылатын компонент бойынша ерітіндінің концентрациялануы (буландыру, ион алмасу немесе экстракция процестерін қолдану);

5) Ерітіндіден металдардың немесе олардың қосылыстарының бөлінуі (цементация, қиын еритін қосылыстардың тұнбаға түсуі, электролиз т.б) [8].

Мысты алдын-ала қышқылмен шаймалайтын аралас схемалар келесі жағдайларда кеңінен қолданылады:

1) мыс негізінен "байланысқан" мыспен, мыс хризоколла, фосфаттар және алюмосиликаттар түрінде, сондай-ақ флотация оның қанағаттанарлық алынуын қамтамасыз етпеген кезде темір мен марганец гидроксидтерімен байланысқан немесе бос жынысқа сіңдірілген мыс түрінде болатын қиын байытылатын кендерді қайта өңдеу;

2) кендерде оларды мыс минералдарынан селективті бөлу мүмкіндігін болдырмайтын тау жыныстары минералдарының немесе технологиялық схеманы Елеулі қиындатпай байытудың қолайлы көрсеткіштерін алуға мүмкіндік бермейтін еритін мыс минералдарының болуы;

3) күрделі заттық құрамы және мыстың құрамы төмен кедей немесе баланстан тыс кендерді, аршылған жыныстарды және қалдық үйінділерді пайдалануға тарту;

4) оларды өңдеу үшін дәстүрлі схемалар мен байыту процестерін қолдану іс жүзінде мүмкін емес.

Барлық осы жағдайларда қышқылмен шаймалау, егер бастапқы кен немесе материал құрамында карбонатты және басқа да қышқыл еритін тау жыныстары болмаса, ерітіндіге Мыстың толығымен қанағаттанарлық шығарылуын қамтамасыз етеді. Негізгі: тотыққан мыс минералдарын сілтісіздендіру кезінде еріткіш күкірт қышқылы (1,5 - 15 кг/кг мыс) болып табылады. Шаймалау жер асты, үйінді немесе шанақ тәсілдерімен жүзеге асырылады [6].

Тотыққан және аралас кендерді өңдеу кезінде шаймалау ерітінділерінен мысты бөлу үшін: электролизді; темірмен цементтеуді; мыс гидроксиді түрінде әкпен немесе мыс сульфидтері түрінде күкірт натрийімен тұндыруды; қатты ион алмасу шайырларында сорбцияны; мысты кейіннен электролиттік тұндырумен сұйық экстракцияны пайдаланады. Қазіргі уақытта көбінесе темірмен цементтеу және сұйық экстракция қолданылады, содан кейін мыс электролизі қолданылады.

2 Эксперименттік бөлім

2.1 Байыту қалдықтың сипаттамсы

Эксперименттерді жүргізу барысында құрамында 0,28 % мыс бар байыту қалдығы зерттеу объектісі болып табылды.

Байыту қалдықтарын рентгендіфракциялық талдау нәтижесінде ол негізінен мыстың оксидті минералдарынан, атап шыққанда, малахит, азурит, хризаколла және т.б. тұратындығы, ал сульфидті минералдардың үлесі тым жоқтың қасы болатындығы анықталды. Зерттеу объектісінде негізгі металл – мыстың үлесі тым аз, дегенмен мұндай кедей кенді шығыны жағынан тиімді гидрометаллургиялық өңдеумен өңдеуге болады [11].

Кедей кендегі негізгі бөлік – бос минералдар болып табылды, оның негізгі бөлігі кремнийдің диоксиді, сілтілік және сілтілік жер металдарының сульфатты, карбонатты тұздары болып табылады, сонымен қатар оның ішінде темірдің тұздары да кездеседі.

Рентгендіфракциялық талдау көмегімен жүргізілді, кестеде оның құрамы келтірілген.

2.1 Кесте – Мысқұрамды кенді байыту қалдығының құрамы

Заттың атауы	Заттардың мөлшері, %
Мыс	0,27 тотыққан минералдар
	0,01 сульфидті минералдар
Кремний диоксиді	72
Алюминий оксиді	7
Магнийқұрамды слюдалар	12
Темірқұрамды тұздар	8
Басқалар	0,72

Сульфатты ерітіндідегі мыс иондарын анықтау

Шаймалану дәрежесіне қышқыл концентрациясының, сұйық және қатты фазаларының қатынастарының, температураның, шаймалау ұзақтығының әсер етуі қарастырылды. Зерттеулер белгілі әдістер бойынша жүргізілді. Мысты титрлеу әдісімен анықтаймыз.

Қажетті реактивтер:

- күкірт қышқылы, H_2SO_4 ;
- мыс сульфаты, $CuSO_4 \cdot 5H_2O$;
- натрий тиосульфаты, 0,1 N $Na_2S_2O_8$;
- крахмал, 1 % ерітінді;
- калий йодиді, KI.

Мысты анықтау әдістемесі: 5 мл аликвота сынамадан алынып, көлемі 150 мл конусты колбаға құйылады, оны 50 мл сумен араластырамыз. Оған 1 г калий йодидінің (KI) кристалдары салынады, ерітінді ақшыл сары түске

боялады. Осы ерітінді 0,1 N $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$ ерітіндісімен ақшыл-сары түске айналғанша титрленеді. Ақшыл-сары түске боялған ерітіндіде мыстың бары-жоғын тексеру үшін колбаға 1 - 2 тамшы крахмал ерітіндісі тамызылады. Егер ерітінді көк түске бойялса, оны тағы да ағарғанша $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$ ерітіндісімен титрлеу қажет. Соңында жалпы титрлеуге кеткен $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$ ерітіндісінің көлемі жазып алынады. Мыстың мөлшері мына формуламен есептеледі:

$$C = \frac{V \cdot T}{a} 1000, \text{ г/дм}^3,$$

a – талданатын ерітіндіден алынған аликвота;

T – натрий тиосульфатының мыс бойынша титрі, г/мл;

V – титрлеуге кеткен натрий тиосульфатының көлемі, мл.

Термодинамикалық талдаулар.

Шаймалау кезінде мыс металының қандай күйде болатындығын анықтау үшін біз эксперименттерді жүргізу алдында Outocumpu Oу компаниясының арнайы бағдарламасы көмегімен шаймалау реакцияларының Гиббс энергиясы мәндерін таптық (2.1 - кесте).

2.2 Үлгідегі мыс минералдарының еруіне термодинамикалық талдау

Кен қалдығындағы негізгі минералдар мыстың тотыққан минералдары болғандықтан шаймалаушы реагент ретінде ең арзан, әрі тиімді қышқыл – күкірт қышқылы таңдап алынды. Дегенмен мыс минералдарының күкірт қышқылымен өзара әрекеттесулерін болжам жасау өте маңызды болып табылады.

Негізгі мыс минералдары мен ортаның температурасына қарай күкірт қышқылымен өзара әрекеттесу мүмкіндіктерін есептеу нәтижелері келтірілген.

Шаймалау процесінің Гиббс энергиясының стандартты өзгерістері, яғни берілген реакциялар үшін есептелген нәтижелер малахит, азурит, куприт және т.б. мыс минералдарының салыстырмалы түрде жоғары емес температураларда, яғни қоршаған орта температураларында күкірт қышқылымен оңай әрекеттесетіндігін, реакциялардың солдан оңға қарай өздігінен жүретіндігін көрсетті.

Бұл қорытынды кен қалдықтарын тотықтырушысыз күкірт қышқылымен өңдеуге мүмкіндік береді.

2.2 Кесте – Кен қалдығындағы мыс минералдарын күкірт қышқылымен шаймалау реакцияларының Гиббс энергия мәндерінің $-\Delta G^\circ$ температураға тәуелділігі

№	Реакциялар	Температура, К				
		283	293	303	313	323
1	$\text{CuCO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{CuSO}_4 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2(\text{r})$	81,7	82,6	84,1	85,6	86,8
2	$\text{Cu}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{CuSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$	85,8	86,2	86,3	86,5	86,6
3	$\text{CuO} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{CuSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$	80,3	80,2	79,9	79,7	79,5
4	$\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3 + 2\text{H}_2\text{SO}_4 = 2\text{CuSO}_4 + 3\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2(\text{r})$	149,3	150,8	152,2	153,6	155,1
5	$\text{Cu}_3(\text{OH})_2(\text{CO}_3)_2 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 = 3\text{CuSO}_4 + 4\text{H}_2\text{O} + 2\text{CO}_2(\text{r})$	246,7	249,6	252,4	255,2	258,1
6	$\text{CuSiO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{CuSO}_4 + \text{SiO}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$	105,6	125,8	145,8	166,1	186,1
7	$\text{Cu}_2\text{O} + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 = 2\text{CuSO}_4 + 2\text{FeSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$	108,5	108,2	107,9	107,7	107,4
8	$\text{Cu}_2\text{S} + 2\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 = 2\text{CuSO}_4 + 4\text{FeSO}_4 + \text{S}$	9,5	9,4	9,40	9,40	9,4
9	$\text{CuFeS}_2 + 2\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + 2\text{H}_2\text{O} + 3\text{O}_2 = \text{CuSO}_4 + 5\text{FeSO}_4 + 2\text{H}_2\text{SO}_4$	1143,9	1137,8	1132,1	1126,2	1120,3
10	$\text{FeS} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{FeSO}_4 + \text{H}_2\text{S}$	64,7	63,9	66,8	67,8	68

Шаймалау процесінің Гиббс энергиясының стандартты өзгерістері, яғни берілген реакциялар үшін есептелген нәтижелер (2.1 кесте) малахит, азурит, куприт және т.б. мыс минералдарының салыстырмалы түрде жоғары емес температураларда, яғни қоршаған орта температураларында күкірт қышқылымен оңай әрекеттесетіндігін, реакциялардың солдан оңға қарай өздігінен жүретіндігін көрсетті.

Бұл қорытынды кен қалдықтарын тотықтырушысыз күкірт қышқылымен өңдеуге мүмкіндік береді.

2.3 Байыту қалдығындағы мысты бөліп алуға әр түрлі параметрлердің әсерін зерттеу эксперименттері

Кен қалдығындағы мысты ерітіп бөліп алу үшін алдымен біз тиімді параметрлерді анықтап алуымыз керек. Шаймалау үдерісіне әсер ететін негізгі параметрлер болып шаймалаушы реагенттің концентрациясы, қатты сұйық

катынасы, температура, араластыру қарқындылығы және т.б. табылады. Осы параметрлердің ең негізгісі болып қышқыл концентрациясы табылады.

Мысты ерітуге тиімді қышқыл концентрациясын анықтау эксперименттері келесі зертханалық шарттар бойынша жүргізілді – кен үлгісінің массасы – 50 г, шаймалау уақыты – 30 минут, қышқылы концентрациясы 5-50 г/д, араластыру қарқындылығы 500 айн/мин.

Ерітіндіге кеннен өткен мыс металы жоғарыда келтірілген әдістеме бойынша анықталды. Соның негізінде мыстың бөліну дәрежесі есептелді. Зерттеу нәтижелері төменде 2.3 - кестеде келтірілген.

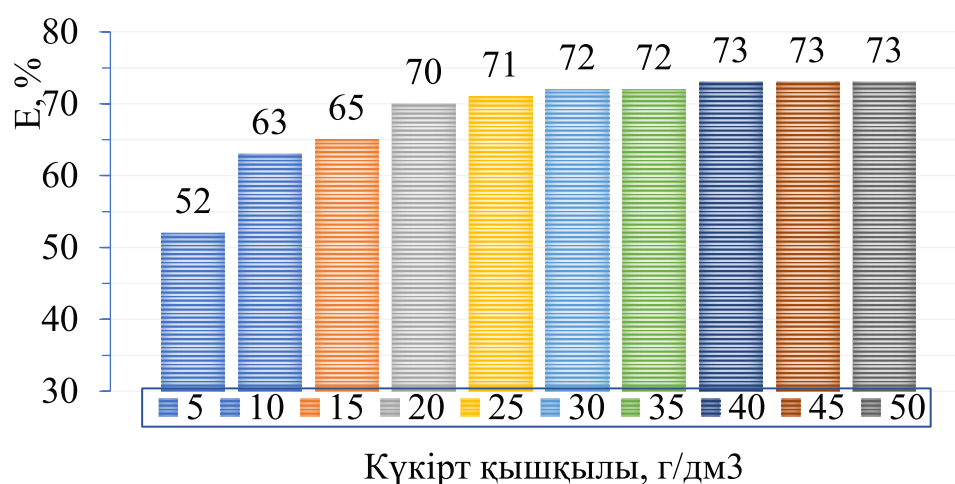
2.3 Кесте – Мыстың бөліну дәрежесі

№	Күкірт қышқылы конц, %	Мыстың еріген массасы	Мыстың шаймалану дәрежесі, %
1	5	0,1456	52
2	10	0,1764	63
3	15	0,182	65
4	20	0,196	70
5	25	0,1988	71
6	30	0,2016	72
7	35	0,2016	72
8	40	0,2044	73
9	45	0,2044	73
10	50	0,2044	73
11	55	0,2044	73
12	100	0,2044	73

Суретте келтірілген эксперимент нәтижелері көрсететіндей, шаймалаушы реагент концентрациясы 5 г/дм³-ден 40 г/дм³ дейін артқан кезде мыстың ерітіндіге өту дәрежесі 52-ден 73 пайызға дейін артты, содан кейін қышқыл концентрациясы артқанымен мыстың еру дәрежесі өзгермей, 73 % қалып қойды. Бұл концентрация әрі қарай шаймалаушы ерітіндінің тиімді концентрациясы ретінде алынды.

Зерттеу үлгісіндегі мыстың толық еріп ерітіндіге өтпеуін көптеген факторлармен түсіндіруге болады. Олар – кен қалдығында хризоколланың болуынан, температураның салыстырмалы жоғары болмауынан, тұтас қабаттың түзілуі және т.б.

Жалпы эксперимент барысында алғашқы 5 минутта негізінен металдың көп бөлігі малахит, азурит текті минералдың бөлінуіне байланысты.



2.3 Сурет – Күкірт қышқылы концентрациясына тәуелді кен қалдығынан мыстың бөліну дәрежесі

2.4 Шаймалау үдерісіне шаймалау ұзақтығының әсер етуін зерттеу

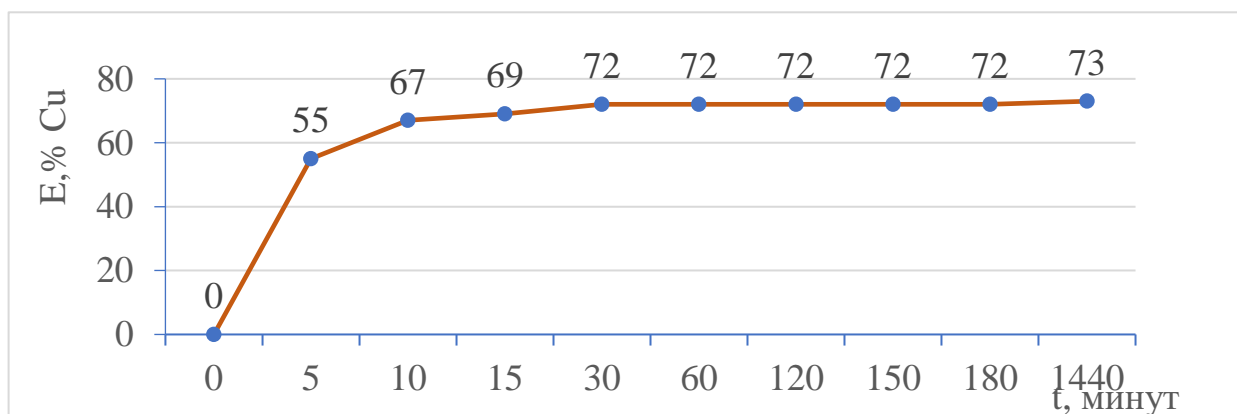
Шаймалау үдерісіне шаймалау ұзақтығының әсер етуін зерттеу өте маңызды, себебі кен қалдығындағы минералдардың түріне қарай шаймалау уақыты әр түрлі болуы мүмкін. Жоғарыда айтқандай, малахит, азурит және т.б.б тотыққан минералдардың еру жылдамдығы сульфидтілерге қарағанда әлдеқайда жылдам.

Шаймалау үдерісіне шаймалау ұзақтығының әсер етуін зерттеу эксперименттері келесі шарттарда жүргізілді: қатты сұйық қатынасы Қ:С - 1:2, температура 20 °С, араластыру жылдамдығы 400 айн/мин. Шаймалау уақыты 5 минуттан – 24 сағатқа дейін жүргізілді. Эксперимент нәтижелері төмендегі 2.4 - кестеде келтірілген.

2.4 Кесте – Мыстың еруіне шаймалау уақытының әсер етуі

	Шаймалау уақыты, мин	Мыстың ерітіндідегі массасы, г	Мыстың шаймалану дәрежесі, %
1	5	0,1540	55
2	10	0,1876	67
3	15	0,1932	69
4	30	0,2016	72
5	60	0,2016	72
6	90	0,2016	72
7	120	0,2016	72
8	150	0,2016	72
9	180	0,2044	72
10	1440	0,2044	73

Эксперименттерді жүргізу барысында мыстың жартысынан көп бөлігі 5 минутта, ал максималды бөлігі 30 минутта ерітіндіге өткендігін көрсетті. Ал шаймалау уақыты 30 минутқа жеткенде мыстың шаймалануы максималды мәнге – 72 % жетіп, ары қарай тек бәр тәуліктен кейін ғана 1 пайызға жоғарылады. Әрине мыстың ерімей қалған 27 % бөлігі хризоколланың қиын еруінен және шаймалау кезінде үлгі бөлшектерінің бетінде қатты тұтас қабықшаның түзілуіне байланысты болуы мүмкін. Мұндай нәтижелер кен қалдығын шаймалаудың тиімді ұзақтығы ретінде 30 минут екендігін көрсетті.



2.4 Сурет – Мыстың ерітіндіге өтуіне шаймалау уақытының әсер етуі

Эксперименттерді жүргізу нәтижесінде тиімді шаймалау уақыты болып 30 минут таңдалды, үдеріс 24 сағатқа дейін жүргізілгенімен мыстың еру мөлшері айтарлықтай өзгермеді.

Кен үлгісі ірілігінің мысты шаймалауға әсер ету

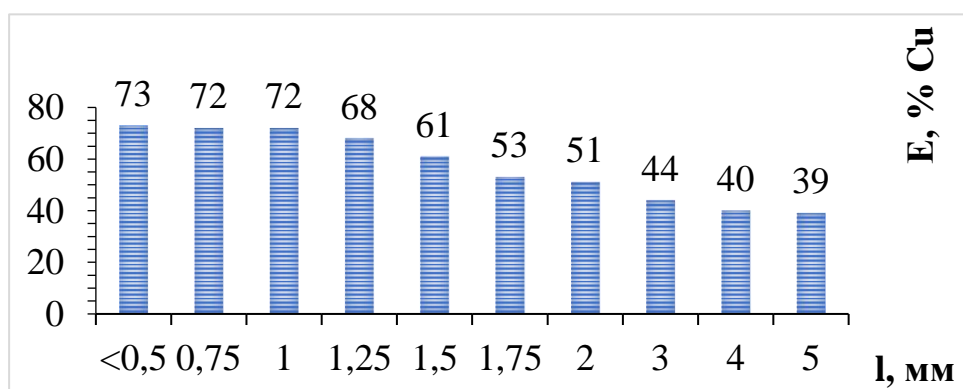
Әдеби шолу көрсеткендей, шаймаланатын кен бөлшектері ұсақ болған сайын, олардың шаймалаушы реагентпен өзара әрекеттесу беттері көп болады, соның себебінен мыстың еріп, ерітіндіге өту дәрежесі артады. Осындай заңдылықты тексеру және кеннен максималды дәрежеде мысты бөліп алу үшін кен үлгісі арнайы режимдерде ұсақталып, електен өткізіліп, келесі шарттарда шаймалау үдерісіне жіберілді: температура – бөлмелік, араластыру жылдамдығы 400 айн/мин. Шаймалау уақыты 30 минут, кеннің ірілігі 0,5 мм-5 мм дейін, шаймалау реагентінің концентрациясы – 40 г/дм³.

Мысты шаймалау бойынша жүргізулген эксперименттер кен бөлшектері ұсақ болған сайын, мыстың шаймалану дәрежесі артады, яғни кен бөлшектері 5 мм ден 1,0 дейін азайғанда мыстың шығымы 39-дан 72 %-ға дейін артты.

2.5 Кесте – Кен үлгісінің ірілігіне байланысты мыстың еру нәтижелері

	Кен қалдығы үлгісінің ірілігі, мм	Мыстың еритіндідегі массасы, г	Мыстың Шаймалану дәрежесі, %
1	<0,5	0,2044	73
2	0,75	0,2016	72
3	1,00	0,2016	72
4	1,25	0,1988	71
5	1,50	0,1904	68
6	1,75	0,154	55
7	2,00	0,1456	52
8	3,00	0,1372	49
9	4,00	0,1316	47
10	5,00	0,1260	45

Кен бөлшектерін одан ары қарай, яғни 0,5 және одан да аз етіп ұсақтау, мыстың тек 73 %-ға дейін ғана еритіндігін дәлелдеді. Бұл көрсеткішті тиімді параметр деп алуға тиімсіз, себебі кеннің бөлшектері тым ұсақ болса, оларды сүзу қиынға әкеледі. Осы себепке байланысты тиімді ірілік параметрі ретінде 0,75-1,0 мм алу керек. Мұндай іріліктегі кен үлгісін шаймалау 72 % мысты бөліп алуға мүмкіндік береді. Эксперимент нәтижелері графиктік түрде, төмендегі 3 - суретте келтірілген.



2.4 Сурет – Бөлшектердің ірілігі мен мыстың еру дәрежесінің, l-E, % Cu, тәуелділік сұлбасы

3 Экономикалық есептеулер

Мысқұрамды кендерін байыту қалдықтарын шаймалау эксперименттері келесі жабдықтарды және материалдарды қолданумен жүргізілді.

3.1 Кесте – Электр энергиясының шығыны

Қондырғы аты	Қуаты, кВт·сағ	Жұмыс сағат саны	Вт/сағаттағы мөлшері	Шығыны, тг 1кВт = 28.32
Аналитикалық таразы	0.05	10	5	14.16
Араластырғыш	1.2	5	6	36
Автомат - титратор	1.5	34	52	26.52
Иономер	0.3	4	12	14.4
Вакуумды насос	2.4	2	4.8	17.86
Кептіру пеші	1.9	3	5.7	24.16
Барлығы	7.3	58	85.5	97.1

3.2 Кесте – Реактивтер шығыны

Аты	Мөлшері, м ³ / кг, мл	Шартты баға, тг/м ³ , тг/кг, тг/л	Шығынд ары, тг
Натрий гидроксиді NaOH	0.5 кг	1000	500
Күкірт қышқылы, H ₂ SO ₄	2000 мл	1000	2000
Натрий тиосульфаты Na ₂ S ₂ O ₃	2000 мл	2500	5000
Крахмал, 1 % ерітіндісі	100 г	1000	100
Калий йодиді, KI	100 л	1500	150
Мыс-сульфаты, CuSO ₄ ·5H ₂ O	1000 г	5000	5000

3.3 Кесте – Жалпы шығындар саны

Шығындар аты	Шығын саны, тг	Салмақтық үлесі, %
Электр энергия шығыны	4500	4.70
Реактивтер шығыны	34500	45.9
Химиялық ыдыс	55000	73
Ыстық су 1000*1,5 м	2500	2.18
Суық су 500*3 м	2500	2.18
Барлығы:	99000	100

4 Қауіпсіздік және еңбек қорғау бөлімі

Дипломдық жұмыстың зерттеу жұмыстары Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ Ұлттық Техникалық Зерттеу Университтінің «Металлургиялық процестер, жылутехникасы және арнайы материалдар технологиясы» кафедрасындағы зертханада орындалды. Ол зертханада адамның денсаулығы мен жұмыс істеу қабілетіне ықпал етуші факторларға жататындар:

- өндірістік микроклимат – ауаның температурасының, ылғалдығының және жылдамдығының ұштасуы, сонымен қатар жылулық сәулелену;

- ауаның химиялық құрамымен және атмосфералық қысыммен сипатталатын ауалық орта;

- өндірістік көздерден туатын сәулелену (иондаушы және иондамаушы), энергетикалық өріс (электромагниттік, гравитациялық және т.б.), акустикалық және дірілді тербелістер;

- ұжымдағы әлеуметтік-психологиялық климат;

- еңбектің қарқындылығы.

Зерттеу жұмысын жүргізу барысында негізгі реагенттер ретінде фтор қышқылы, күкірт қышқылы, аммиак қолданылды.

Өндірушінің күкірт қышқылы төмен концентрацияда оншалықты зиян еме, бірақ та көзге және оның айналасына кері әсері өте жоғары. Күкірт қышқылы концентрациялы болып, төгілген кезде қоршаған ортадағы жан-жануарларға өте улы болып келеді, сондықтан мейлінше қауіпсіздікті сақтап, қоршаған ортаны ластамау керек.

Күкірт қышқылы мен аммиак негізінен сұйылтылған ерітінділер дайындауға шығындалды. Оларды зарарсыздандыру үшін белгілі әдістерді қолдану қарастырылды.

Қарастырылып отырған бұл жұмысты орындау кезінде техника қауіпсіздігін сақтамаған жағдайда өндірістік жарақат алу мүмкіндігі болады. Ең қауіпті және зиянды болатын жағдай:

- жабдықтарға химиялық активті орта әсері мүмкіндігінен туындайтын, жоғары қауіптіліктің салдарынан электр тоғының тоқтап қалуы;

- қышқылдар және сілтілі ерітінділермен дұрыс жұмыс істемеген кезде терінің және дем алу жолдарының күйіп қалуы.

ҚОРЫТЫНДЫ

Мысқұрамды кендерді байыту қалдықтарынан мысты шаймалап алу бойынша заманауи әдебиеттерге шолу жасалды. Нәтижесінде мұндай шикізат көздерін өңдеу үшін гидрометаллургиялық технология тиімді екені анықталды.

Шаймалау процесі – негізінен, әрі арзан, әрі тиімді күкірт қышқылымен жүргізу таңдап алынды. Эксперименттік бөлімде байыту қалдықтарынан мысты бөліп алу кезінде қолданылған реагенттер, жабдықтар, әдістемелер, сондай-ақ мысқұрамды жүйелердің күкірт қышқылында еруін болжау үшін термодинамикалық талдаулар келтірілген. Мысқұрамды кендерді байытудан қалған қалдықтардан мысты шаймалаумен бөліп алуға әр түрлі параметрлердің әсер ету нәтижелері келтірілген.

Кеннің құрамында негізінен тотықтан мыс минералдары болғандықтан, олардың кен үлгісінің тотықтырғышсыз жағдайда бөлмелік температурада жақсы шаймалатындығын анықталды.

Мысты шаймалауға күкірт қышқылының концентрациясын зерттеу кезінде тиімді параметрлері болып келесілер табылды:

- күкірт қышқылының концентрациясы - 40 г/дм³;
- Қ : С – 1 : 2;
- шаймалау уақыты – 30 мин.

Мысты шаймалау бойынша жүргізулген эксперименттер кен бөлшектері ұсақ болған сайын, мыстың шаймалану дәрежесі артады, яғни кен бөлшектері 5 мм ден 1,0 дейін азайғанда мыстың шығымы 39-дан 72 %-ға дейін артты.

Термодинамикалық талдаулардың нәтижесінде қалдықтың үлгілерін күкірт қышқылы ерітіндісімен шаймалау кезінде мыстың тотыққан минералдарынан толық және салыстырмалы жоғары жылдамдықпен шаймалануы жүретіндігі анықталды.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

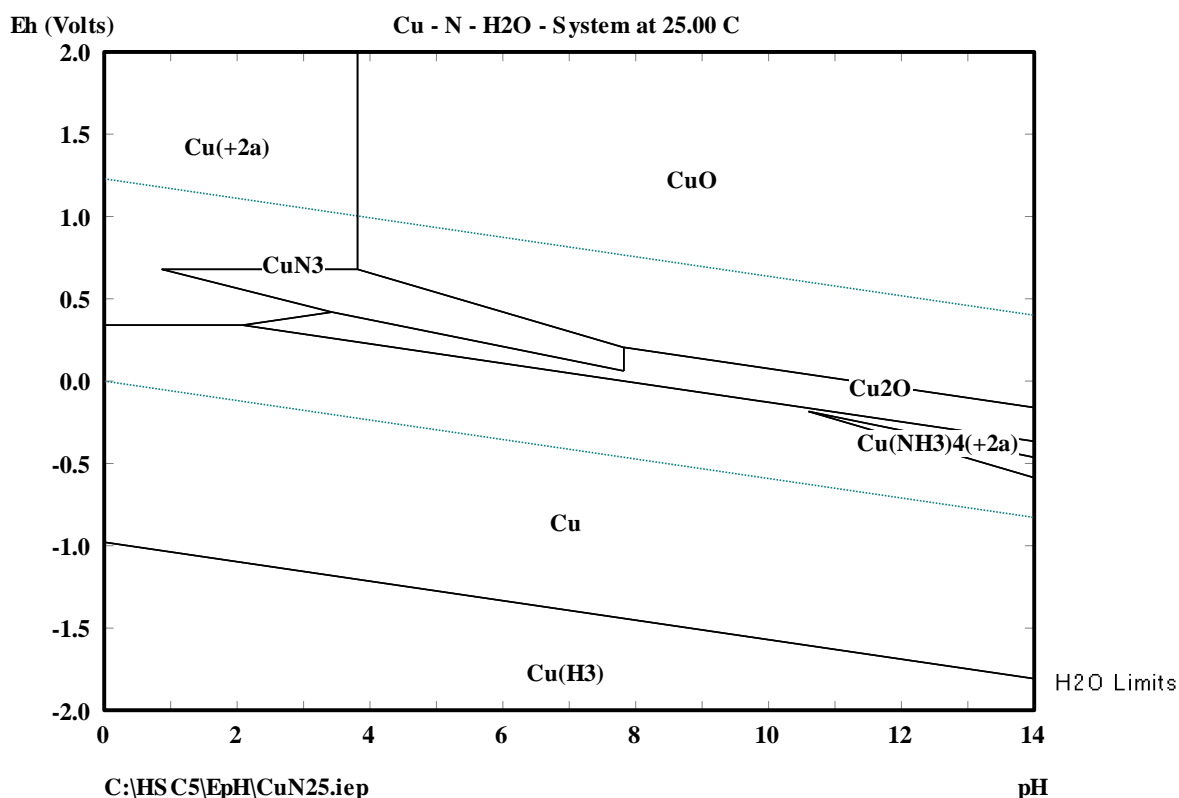
- 1 Комплексная переработка минерального сырья Казахстана. Состояние, проблемы, решения / под.ред. А.А. Жарменова. – Алматы: ТОО Полиграфсервис, 2008. – Т.5. - 426 б.
- 2 Муқанов Д. Металлургия Казахстана: состояние, инновационный потенциал, тренд развития. - Алматы, 2005. – Т. 5. - 290 б.
- 3 Зайганов В.Г. Увеличение минерально-сырьевых ресурсов меди за счет развития технологий извлечения окисленных разновидностей металла // Горный журнал Казахстана. – 2010. - № 2. – 14 – 19 б.
- 4 Техногенное минеральное сырье рудных месторождений Казахстана // Справочник. – Алматы, 1995. – 231 с.
- 5 Подчайнова В.Н. Медь. – Свердловск: Металургиздат, 1991.– 24 б
- 6 Кириченко Г.Г., Васильева М.В. Переработка бедных окисленных и забалансовых медных руд за рубежом // Цветная металлургия. – 1998. – №10. – С. 42 - 45.
- 7 Бейсембаев Б.Б., Кенжалиев Б.К. Теория и практика использования методов геотехнологии для переработки забалансовых и неконденционных медных руд // Комплексное использование минерального сырья. - 1999. - №4. - С. 93 - 98.
- 8 Халезов Б.Д., Неживых В.А., Тверяков А.Ю. Кучное выщелачивание отвалов горных пород медных рудников как способ обезвреживания экологически опасных объектов. 1997.
- 9 Крейн Ф. Экстракция в гидрометаллургии меди: Развитие и современное состояние // Комплексное использование минерального сырья. - 2004.
- 10 Соколов И.В., Горичев И.Г., Кузнецов С.В. Обоснование способов интенсификации выщелачивания медьсодержащего минерального сырья с позиции Модели Лоренца // Вестник РУДН. Сер. Инженерные исследования. 2009.
- 11 Морачевский А.Г. термодинамические расчеты в металлургии: справочник / А.Г. Морачевский, И.Б. Сладков. – М.: Металлургия, 1993.
- 12 Карапетянц М.Х. Химическая термодинамика. М.: Химия, 1975.
- 13 Набойченко С.С. Расчеты гидрометаллургических процессов – М.: МИСиС, 1995.
- 14 Давыдова Л.А., Таужнянская З.А., Михайлова С.Ф. Зарубежный опыт кучного выщелачивания цветных и драгоценных металлов из забалансовых руд // Бюл. Цветная металлургия. 1982.
- 15 Бейсембаев Б.Б., Кенжалиев Б.К. и др. Физико-химические свойства выщелачивания халькопирита // Комплексное использование минерального сырья. – 1993.

16 Каримова Л.М. Комбинированный метод переработки медной сульфидной руды // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2014.

17 Хопунов Э.А., Гуляев Н.Д. Геохимические аспекты гидрометаллургии техногенного сырья // Изв. вузов. Горный журнал. Уральское горное обозрение. 1995.

18 Цефт А.Л. Гидрометаллургические методы переработки полиметаллического сырья. Алма-Ата: Наука, 1976.

Қосымша А



Cu-N-H₂O жүйесінің Пурбе диаграммасы келесі жағдайларда көрсетілген:

- температура – 25 °C;
- қысым – 1 Бар;
- барлық элементтер концентрациясы 1,000E+00, 1 моль/л.

Тұрақты конденсацияланған қосылыстар: Cu, CuO, Cu₂O, Cu(H₃), CuN₃.
Иондық қосылыстар жүйесі: Cu (+2a), Cu(NH₃)₄ (+2a).

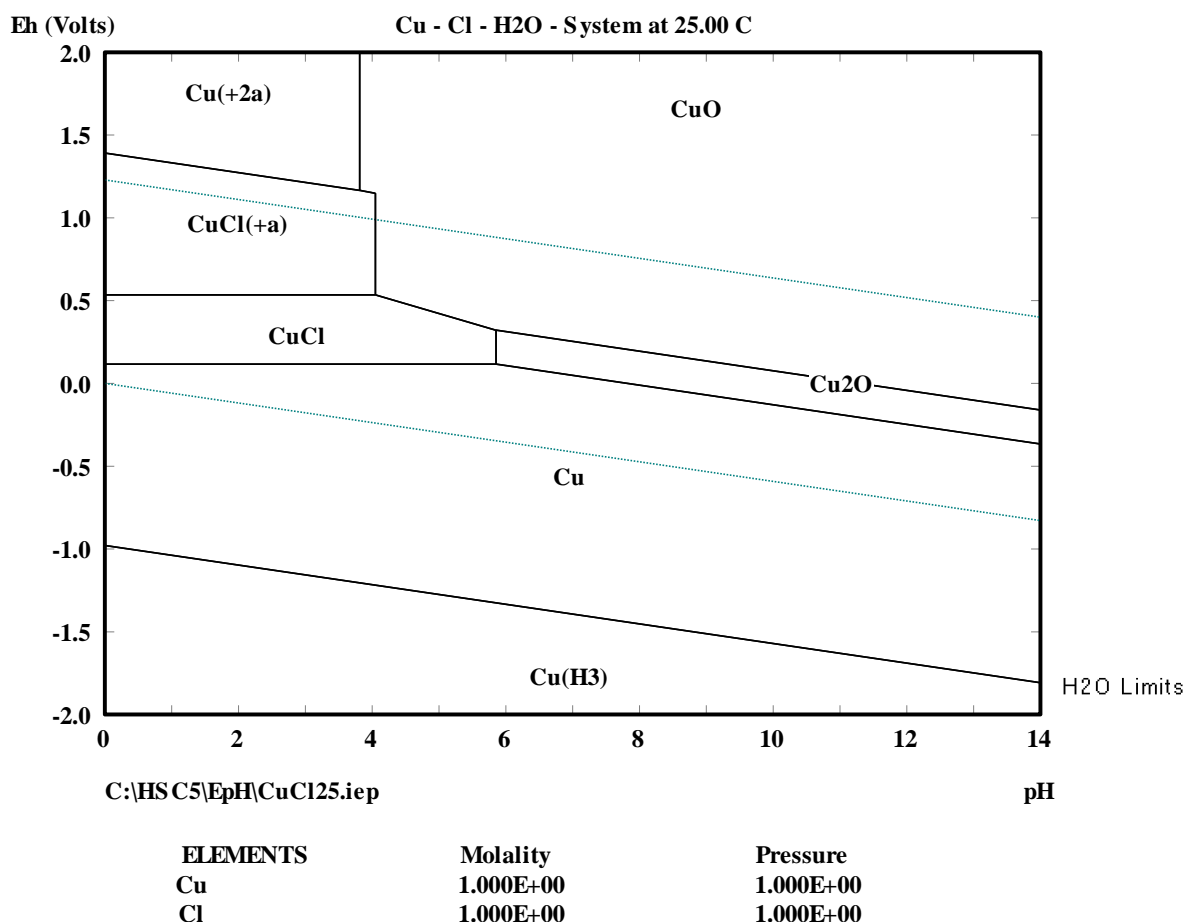
Конденсацияланған қосылыстардың болу аумағы:

- Cu : Eh = -1.75 ÷ (-0.3) В; pH = 0 ÷ 14;
- CuO : Eh = -0,8 ÷ 2,0 В; pH = 3,8 ÷ 14;
- Cu₂O : Eh = -0,35 ÷ 0,25 В; pH = 2 ÷ 14;
- Cu(H₃) : Eh = -2,0 ÷ (-1,0) В; pH = 0 ÷ 14;
- CuN₃ : Eh = 0,1 ÷ 0,75 В; pH = 1 ÷ 8.

Иондық қосылыстардың болу аумағы:

- Cu (+2a) : Eh = 0,3 ÷ 2,0 В; pH = 0 ÷ 3,9;
- Cu(NH₃)₄ (+2a) : Eh = -0,5 ÷ (-0.35) В; pH = 10,5 ÷ 14.

Cu (+2A) ионы аздап қышқыл ортада және қышқыл ортада болғандықтан, мыс ерітіндіге тек қышқыл ортада берілуі мүмкін. Жүйе N қатысуымен құрылғандықтан, келесі HNO₃ қышқылын қолдануға болады.



Cu-Cl-H₂O жүйесінің Пурбе диаграммасы келесі жағдайларда көрсетілген:

- температура – 25 °C;
- қысым – 1 Бар;
- барлық элементтер концентрациясы 1,000E+00, 1 моль/л.

Тұрақты конденсацияланған қосылыстар: Cu, CuO, Cu₂O, Cu(H₃), CuCl.
Иондық қосылыстар жүйесі: Cu (+2a), CuCl (+a).

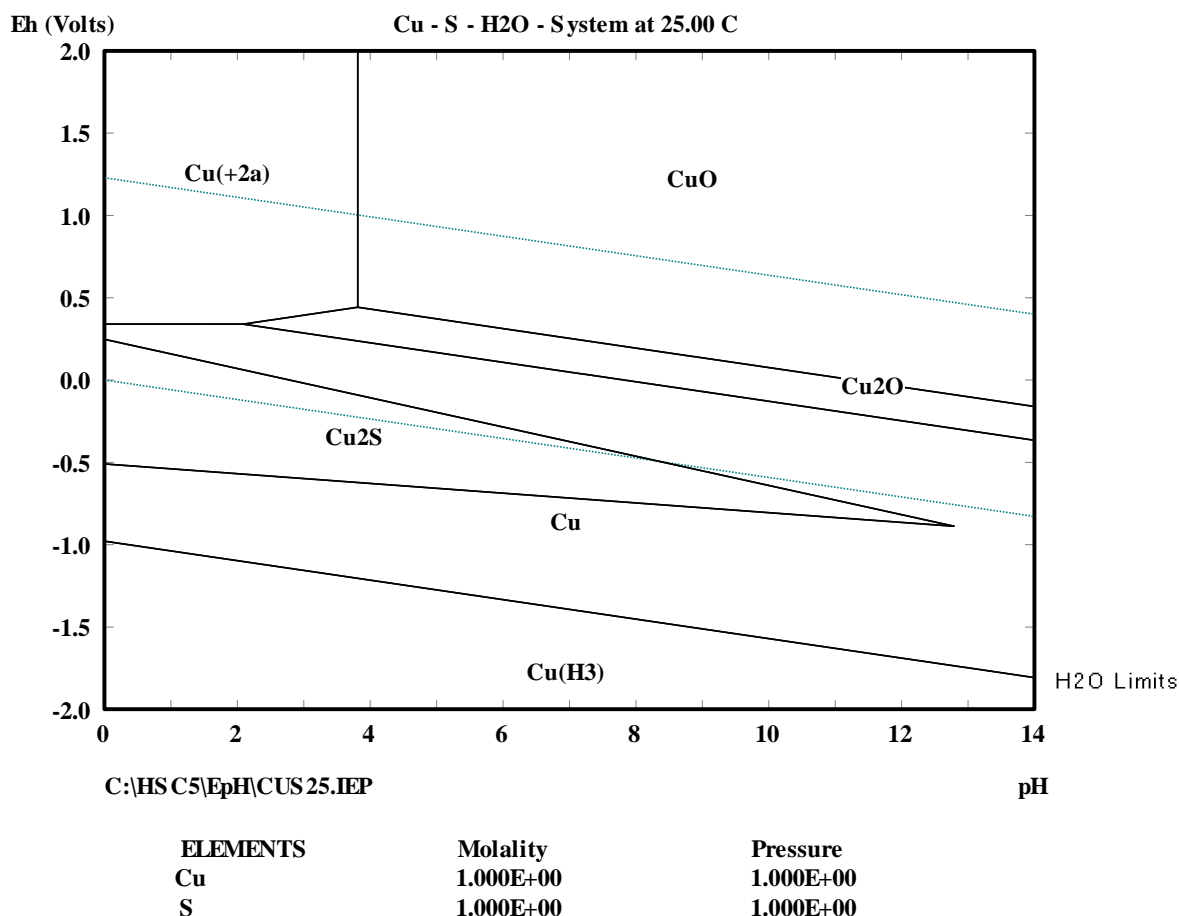
Конденсацияланған қосылыстардың болу аумағы:

- Cu : Eh = -1.75 ÷ (0.15) В; pH = 0 ÷ 14;
- CuO : Eh = -0,25 ÷ 2,0 В; pH = 3,9 ÷ 14;
- Cu₂O : Eh = -0,3 ÷ 0,35 В; pH = 5,9 ÷ 14;
- Cu(H₃) : Eh = -2,0 ÷ (-1,0) В; pH = 0 ÷ 14;
- CuCl: Eh = 0,2 ÷ 0,55 В; pH = 0 ÷ 5,9.

Иондық қосылыстардың болу аумағы:

- Cu (+2a) : Eh = 0,3 ÷ 2,0 В; pH = 0 ÷ 3,9.

Cu (+2A) ионы аздап қышқыл ортада және қышқыл ортада болғандықтан, мыс ерітіндіге тек қышқыл ортада берілуі мүмкін. Жүйе СІ қатысуымен құрылғандықтан, тұз қышқылын қолдануға болады.



Cu-S-H₂O жүйесінің Пурбе диаграммасы келесі жағдайларда көрсетілген:

- температура – 25 °C;
- қысым – 1 Бар;
- барлық элементтер концентрациясы 1,000E+00, иначе 1 моль/л.

Тұрақты конденсацияланған қосылыстар: Cu, CuO, Cu₂O, Cu(H₃), Cu₂S.
Иондық қосылыстар жүйесі: Cu (+2a).

Конденсацияланған қосылыстардың болу аумағы:

- Cu : Eh = -1,75 ÷ (0,25) В; pH = 0 ÷ 14;
- CuO : Eh = 0,25 ÷ 2,0 В; pH = 3,9 ÷ 14;
- Cu₂O : Eh = -0,25 ÷ 0,4 В; pH = 2 ÷ 14;
- Cu(H₃) : Eh = -2,0 ÷ (-1,0) В; pH = 0 ÷ 14;
- Cu₂S: Eh = -0,7 ÷ 0,25 В; pH = 0 ÷ 12,8

Иондық қосылыстардың болу аумағы:

– Cu (+2a) : Eh = 0,4 ÷ 2,0 В; pH = 0 ÷ 3,9.

Cu (+2A) ионы аздап қышқыл ортада және қышқыл ортада болғандықтан, мыс ерітіндіге тек қышқыл ортада берілуі мүмкін. Жүйе S қатысуымен құрылғандықтан, күкірт қышқылын H₂SO₄ қолдануға болады.

Қосымша Ә

Ә.1 Кесте – Мыс карбонатының күкірт қышқылымен әрекеттесу реакциясының термодинамикалық көрсеткіштері

$\text{CuCO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{CuSO}_4 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2(\text{g})$						
T	deltaH	deltaS	deltaG	K	Log(K)	
C	kcal	cal/K	kcal			
0	-8.265	39.04	-18.929	1.40E+15	15.146	
10	-6.755	44.564	-19.373	9.00E+14	14.954	
20	-9.334	35.465	-19.731	5.14E+14	14.711	
30	-9.361	35.377	-20.085	3.03E+14	14.481	
40	-9.39	35.281	-20.438	1.84E+14	14.265	
50	-9.422	35.18	-20.791	1.15E+14	14.062	
Formula	FM	Conc.	Amount	Amount	Volume	
	g/mol	wt-%	mol	g	l or ml	
CuCO3	123.555	55.749	1	123.555	0	ml
H2SO4	98.073	44.251	1	98.073	53.272	ml
	g/mol	wt-%	mol	g	l or ml	
CuSO4	159.604	72.014	1	159.604	44.297	ml
H2O	18.015	8.129	1	18.015	19.646	ml
CO2(g)	44.01	19.857	1	44.01	22.414	l

Ә.2 Кесте – Термодинамикалық реакция көрсеткіштері мыс гидроксидінің күкірт қышқылымен әрекеттесуі

Cu(OH) ₂ +H ₂ SO ₄ = CuSO ₄ +2H ₂ O						
T	deltaH	deltaS	deltaG	K	Log(K)	
C	kcal	cal/K	kcal			
0	-20.369	0.257	-20.439	2.26E+16	16.355	
10	-17.319	11.412	-20.55	7.29E+15	15.863	
20	-19.794	2.675	-20.578	2.20E+15	15.343	
30	-19.716	2.936	-20.606	7.19E+14	14.857	
40	-19.642	3.177	-20.637	2.53E+14	14.404	
50	-19.571	3.4	-20.67	9.56E+13	13.98	
Formula	FM	Conc.	Amount	Amount	Volume	
Cu(OH) ₂ +H ₂ SO ₄ =CuSO ₄ +2H ₂ O						
T	deltaH	deltaS	deltaG	K	Log(K)	ml
C	kcal	cal/K	kcal			ml
60	-19.6919	3.103267	-20.7244	8.00E+15	13.45987	
70	-19.7748	2.853867	-20.7657	1.19E+16	12.98164	ml
H ₂ O	18.015	18.417	2	ml	ml	ml

Ә.3 Кесте – Термодинамикалық реакция көрсеткіштері мыс оксидінің күкірт қышқылымен әрекеттесуі

CuO+H2SO4= CuSO4+H2O						
T	deltaH	deltaS	deltaG	K	Log(K)	
C	kcal	cal/K	kcal			
0	-19.496	-1.331	-19.133	2.04E+15	15.31	
10	-17.98	4.214	-19.173	6.31E+14	14.8	
20	-20.552	-4.858	-19.128	1.83E+14	14.261	
30	-20.569	-4.914	-19.079	5.70E+13	13.756	
40	-20.587	-4.974	-19.03	1.91E+13	13.282	
50	-20.607	-5.037	-18.98	6.87E+12	12.837	
Formula	FM	Conc.	Amount	Amount	Volume	
	g/mol	wt-%	mol	g	l or ml	
CuO	79.545	44.784	1	79.545	12.606	ml
H2SO4	98.073	55.216	1	98.073	53.272	ml
	g/mol	wt-%	mol	g	l or ml	
CuSO4	159.604	89.857	1	159.604	44.297	ml
H2O	18.015	10.143	1	18.015	19.646	ml

Ә.4 Кесте – Мыс (I) гидрокарбонатының күкірт қышқылымен әрекеттесу реакциясының термодинамикалық көрсеткіштері

Cu ₂ (OH) ₂ CO ₃ +2H ₂ SO ₄ =2CuSO ₄ +3H ₂ O+CO ₂ (g)						
T	deltaH	deltaS	deltaG	K	Log(K)	
C	kcal	cal/K	kcal			
0	- 25.564	35.13 3	-35.161	1.36E+2 8	28.135	
10	- 21.017	51.76 4	-35.674	3.45E+2 7	27.537	
20	- 26.082	33.89 3	-36.018	7.15E+2 6	26.854	
30	- 26.038	34.04 2	-36.358	1.64E+2 6	26.213	
40	- 25.998	34.17	-36.699	4.12E+2 5	25.614	
50	- 25.963	34.28 1	-37.041	1.13E+2 5	25.053	
Formula	FM	Conc.	Amount	Amount	Volume	
	g/mol	wt-%	mol	g	l or ml	
Cu ₂ (OH) ₂ CO ₃	221.11 6	52.99 2	1	221.116	55.279	ml
H ₂ SO ₄	98.073	47.00 8	2	196.147	106.54 4	ml
	g/mol	wt-%	mol	g	l or ml	
CuSO ₄	159.60 4	76.5	2	319.207	88.595	ml
H ₂ O	18.015	12.95 2	3	54.046	58.937	ml
CO ₂ (g)	44.01	10.54 7	1	44.01	22.414	l