

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ  
ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» коммерциялық емес  
акционерлік қоғамы

Ө.А. Байқоңыров атындағы Тау-кен металлургия институты

«Металлургиялық процестер, жылу техникасы және арнайы материалдар технологиясы»  
кафедрасы

Елубаева Мадина Ерболатовна

Хлорид ерітінділерімен мыс сульфидін шаймалау процесін зерттеу

**ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС**

6В07203 – Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту

Алматы 2024

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ  
ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» коммерциялық емес  
акционерлік қоғамы

Ө.А. Байқоңыров атындағы Тау-кен металлургия институты

«Металлургиялық процестер жылу техникасы және арнайы материалдар технологиясы»  
кафедрасы

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

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ  
МПЖжАМТ кафедрасының меңгерушісі  
қауымд. проф., PhD., техн.ғыл. канд.  
Чепуштанова Т.А.  
«10» 06 2024 ж.

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Хлорид ерітінділерімен мыс сульфидін шаймалау процесін зерттеу

6В07203 – Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту

Орындаған

Елубаева М.Е.

Рецензент  
«ҚР МШКҚӨ ҰО» РМК филиалы  
«Қазмеханобр» Мемлекеттік өнеркәсіптік  
экология ғылыми-өндірістік бірлестігінің  
аға ғылыми қызметкері, PhD  
С. Суримбаев - Суримбаев Б.Н.  
«07» 06 2024 ж.

Ғылыми жетекшісі  
МПЖжАМТ кафедрасының  
профессоры, PhD

О. Байгенженов Байгенженов О.С.  
«10» 06 2024 ж.

Подпись Суримбаева Б.Н. заверяю  
Ученый секретарь филиала РГП НЦ  
КПМС РК ГНПОПЭ «Казмеханобр»  
«07» 06 2024 г.

Алматы 2024

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ  
ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» коммерциялық емес  
акционерлік қоғамы

Ө.А. Байқоңыров атындағы Тау-кен металлургия институты

«Металлургиялық процестер, жылу техникасы және арнайы материалдар технологиясы»  
драсы

6B07203 – Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту



Кафедрасының меңгерушісі  
Ө.А. Байқоңыров, PhD., техн. ғыл. канд.  
Депуштанова Т.А.  
2023 ж.

**Дипломдық жұмысты орындауға арналған  
ТАПСЫРМА**

Білім алушы Елубаева Мадина Ерболатовна

Тақырыбы: Хлорид ерітінділерімен мыс сульфидін шаймалау процесін зерттеу  
Университет Ректорының 2023 жылғы «04» желтоқсан № 548 – П/Ө бұйрығымен бекітілген  
Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі: «07» маусым 2024 ж.

Дипломдық жұмыстың бастапқы деректері: *Ақтоғай кен орнының сульфидті кендері*

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

- мыс сульфидін хлоридті ерітінділермен шаймалау процесін зерттеу;
- шаймалау процесіне әсер ететін тиімді параметрлерді таңдау;
- тіршілік қауіпсіздігі және еңбекті қорғау мәселелері;
- экономикалық тиімділікті зерттеу есебі.

Графикалық материалдар тізімі (міндетті сызбаларды дәл көрсете отырып):

жұмыс презентациясы слайдтарда 15 көрсетілген


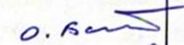
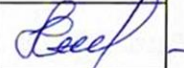
Ұсынылатын негізгі әдебиеттер: 20 атаулардан тұрады

Дипломдық жұмысты (жобаны) дайындау


**КЕСТЕСІ**

Бөлімдердің атауы, зерттеп дайындалатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге ұсыну мерзімдері	Ескерту
Кіріспе	08.01.2024	
Аналитикалық бөлім	05.02.2024	
Тәжірибелік бөлім	22.04.2024	
Экономикалық бөлім	14.05.2024	
Еңбекті қорғау	22.05.2024	
Қорытынды	24.05.2024	
Норма бақылау	03.06.2024	

Аяқталған дипломдық жұмыс (жоба) үшін, оған қатысты бөлімдердің жұмыстарын (жобасын) көрсетумен, кеңесшілер мен норма бақылаушының қойған қолдары

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер, тегі, аты, әкесінің аты, (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Экономикалық бөлім	О.С. Байгенженов проф., Ph.D докторы	3.06.2024	
Еңбекті қорғау бөлімі	О.С. Байгенженов проф., Ph.D докторы	3.06.2024	
Норма бақылаушы	С.С. Коныратбекова т.ғ.к., аға оқытушы	10.06.2024	

Ғылыми жетекші  Байгенженов О.С.

Білім алушы тапсырманы орындауға алды  Елубаева М.Е.

Күні «10» 06 2024 ж

## АНДАТПА

Дипломдық жұмыс тапсырмадан, кіріспеден, негізгі бөлімнен, қорытындыдан және пайдаланылған әдебиеттер тізімінен тұрады. Жұмыстың жалпы көлемі компьютермен терілген 41 бет, оның ішінде 12 сурет, 4 кесте бар. Пайдаланылған әдебиеттер тізімі 20 аталымнан тұрады.

Дипломдық жұмыстың мақсаты – мыстың сульфидтік минералдарын хлоридті ерітінділермен шаймалау процесін зерттеу, шаймалау процесіне әсер ететін әртүрлі параметрлердің тиімді шарттарын таңдау.

Дипломдық жұмысты орындау барысында сульфидтік мыс концентраттарын хлорид ерітінділерімен өңдеу жолдарына әдеби шолу жасалып, әдеби шолу жұмысының қорытындысы ретінде мыстың сульфидтік қосылыстарын гидратталған кальций хлориді мен натрий хлориді (NaCl) ерітінділерімен шаймалау процесін зерттеу процесі таңдалды. Сонымен қатар, зерттеу жұмыстарында шаймалау процесін барынша тиімді жүргізуге әсер ететін әртүрлі факторлар (процесс ұзақтығы, температура, реагенттер шығыны) зерттелді.

## АННОТАЦИЯ

Дипломная работа состоит из задания, введения, основной части, заключения и списка использованной литературы. Общий объем работы составляет 41 страниц, набранных компьютером, из них 12 рисунков, 4 таблиц. Список использованной литературы состоит из 20 наименования.

Целью дипломной работы является изучение процесса выщелачивания сульфидных минералов меди хлоридными растворами, выбор эффективных условий различных параметров, влияющих на процесс выщелачивания.

В ходе выполнения дипломной работы был проведен литературный обзор способов обработки сульфидных медных концентратов растворами хлоридов, в качестве заключения литературной обзорной работы был выбран процесс исследования процесса выщелачивания сульфидных соединений меди гидратированными растворами хлорида кальция и хлорида натрия (NaCl). Кроме того, в исследовательских работах были изучены различные факторы, влияющие на наиболее эффективное проведение процесса выщелачивания (продолжительность процесса, температура, расход реагентов).

## ANNOTATION

The thesis consists of a task, an introduction, the main part, a conclusion and a list of references. The total amount of work is 41 computer-typed pages, including 12 figures and 4 tables. The list of references consists of 20 titles.

The purpose of the thesis is to study the leaching process of copper sulfide minerals with chloride solutions, the choice of effective conditions for various parameters affecting the leaching process.

During the completion of the thesis, a literary review of methods for treating sulfide copper concentrates with chloride solutions was conducted, and the process of studying the leaching of copper sulfide compounds with hydrated solutions of calcium chloride and sodium chloride (NaCl) was chosen as the conclusion of the literary review work. In addition, various factors affecting the most efficient conduct of the leaching process (duration of the process, temperature, reagent consumption) have been studied in research papers.

## МАЗМҰНЫ

Кіріспе	7
1 Аналитикалық шолу	9
1.1 Мыс сульфидін шаймалау	9
1.2 Мыс құрамдас кендерді әртүрлі ерітінділермен шаймалау	10
1.2.1 Хлорид ерітінділерімен шаймалау	11
1.2.2 Құрамында мыс бар шикізатты сілтілі ерітінділермен шаймалау	11
1.2.3 Құрамында мыс бар кендерді аз қышқылымен шаймалау	13
1.2.4 Құрамында мыс бар кендерді күкірт қышқылымен шаймалау	14
1.2.5 Мыс сульфидін хлорид ерітінділерімен шаймалау	15
1.3 Шаймалау әдістерінің түрлері	16
1.3.1 Құрамында мыс бар кендерді үйінді шаймалау	20
1.3.2 Автоклавты шаймалау әдісі	21
1.3.3 Құрамында мыс бар кендерді агитациялық шаймалау әдісі	22
2 Тәжірибелік бөлім	24
2.1 Шаймалау механизмі	24
2.2 Жұмысты орындау барысы	25
2.3 Эксперимент нәтижелерін талқылау	25
2.3.1 Температураға тәуелділік	26
2.3.2 Араластыру жылдамдығының әсері	27
2.3.3 HCl әсері	27
2.3.4 CaCl <sub>2</sub> · 2H <sub>2</sub> O әсері	28
2.3.5 Хлорид иондарының жалпы санының әсері	29
2.3.6 Қатты және сұйық қатынасының әсері	30
2.3.7 Рентгендік құрылымды талдау	31
3 Экономикалық бөлім	33
4 Қауіпсіздік және еңбек қорғау бөлімі	35
Қорытынды	37
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	38

## КІРІСПЕ

### **Ғылыми техникалық проблемалардың заманауи күйі.**

Мыс – ең көп сұранысқа ие металдардың бірі және көптеген салалар үшін маңызды материал болып табылады. Әлемдегі мыс тұтыну құрылымы келесідей: 31 % басқа жабдықтарға (тұтыну өнімдері, салқындату жүйелері, электроника), 28 % – құрылыс саласына, 16 % – инфрақұрылымға, 13 % – көлікке, 12 % – өңдеу өнеркәсібіне тиесілі.

Соңғы жылдары мыс қорлары тау-кен өнеркәсібіндегі маңызды назар аударатын орындардың бірі болып қала берді. Мыс қорларының қолжетімділігі мен деңгейі туралы мәселе тау-кен кәсіпорындарының даму перспективаларын және әлемдік нарықтағы осы металдың бағасын анықтауда шешуші рөл атқарады. Міне, бірнеше жалпы тенденциялар:

**Тұтынудың артуы:** Қытай мен Үндістан сияқты қарқынды дамып келе жатқан экономикаларды қоса алғанда, әртүрлі елдерде салынып жатқан қалалар мен дамып келе жатқан салалар санының артуымен мыс тұтыну өсуде.

**Кендер сапасының төмендеуі:** негізгі кен орындарынан өндірілген кендердің сапасының төмендеу тенденциясы бар, бұл оларды өңдеу үшін күрделі және қымбат технологияларды қажет етеді.

**Жаңа кен орындарын зерттеу:** тау-кен компаниялары әлемнің әртүрлі аймақтарында жаңа мыс кен орындарын табу және барлау үшін белсенді зерттеулер жүргізуде. Бұл дипломдық жұмыстың мақсаты да сульфидті, құрамында негізгі мыс мөлшері төмен кендерді гидрометаллургиялық жолмен өңдеу әдістерін қарастыру болып табылады.

**Дипломдық жұмыстың мақсаты:** хлорид ерітінділерімен сульфидтік мыс минералдарын шаймалау процесін зерттеу, шаймалау процесіне әсер ететін әртүрлі параметрлердің тиімді шарттарын таңдау.

**Дипломдық жұмысты орындаудағы негізгі тапсырмалар келесідей:**

– Ақтоғай кен орнының сульфидтік кендерінде кездесетін мыстың химиялық құрамын зерттеу

– кен құрамындағы мысты селективті шаймалауға хлоридтік ерітіндінің әсерін зерттеу;

– шаймалау процесіне әсер ететін тиімді параметрлерді таңдау.

**Зерттеу объектісі:** Ақтоғай кен орнының сульфидті кендері

**Жұмыстың жаңалығы:** Ақтоғай кен орнының сульфидті кендерін лабораториялық зерттеу жұмыстарының нәтижесінде белгілі болған шаймалау процесінің оптималды параметрлері.

**Жұмыстың өзектілігі:** сульфидтік кендерді «дәстүрлі» технологиямен өңдеу технологиялары пирометаллургиялық күйдіру және балқыту процестерін қамтиды. Белгілі болғандай аталған пирометаллургиялық технологиялардың экологиялық зияндылығына байланысты ХХ ғасырдың соңғы ширегінен бастап негізгі басым бағыт ретінде гидрометаллургиялық өңдеу әдістері қарастырылуда. Осыған байланысты көптеген дамушы мемлекеттерде мыс өндірісінің перспективті әдісі ретінде жаңа технологиялар жасалып жатыр.

Сондай заманауи әдістердің бірі ретінде мыстың сульфидтік кендерін хлоридтік ерітінділермен шаймалау процестерін айтуға болады.

Дипломдық жұмысты зерттеу барысында алынған шаймалау процесінің тиімді параметрлері технологияны өндірістік жағдайда қолданған кезде пайдаланылатын құнды ақпарат бола алады.

**Жұмысты жасаудың практикалық базасы** – «Металлургиялық процестер, жылу техникасы және арнайы материалдар технологиясы» кафедрасының зертханасында жүргізілді.



## 1 Аналитикалық шолу

### 1.1 Мыс сульфидін шаймалау

Мыс сульфидін шаймалау, шаймалау агенттерін қолдана отырып, сульфидті кендерден мыс алу процесін білдіреді. Бұл процесс кендерден мыс алудың гидрометаллургиялық әдістерінде, әсіресе төмен сортты немесе күрделі сульфидті кендермен жұмыс істегенде кеңінен қолданылады.

Шаймалау процесі әдетте келесі қадамдарды қамтиды:

Кенді дайындау: мыс сульфидті кендері шаймаланатын бетінің ауданын ұлғайту үшін ұнтақталады.

Шаймалау: содан кейін ұсақталған кен әдетте күкірт қышқылының ( $H_2SO_4$ ) немесе аммиактың ( $NH_3$ ) ерітінділері болып табылатын шаймалау агентімен араласады. Шаймалау агенті мыс сульфидті минералдармен әрекеттесіп, мысты ерітіндіге айналдырады. Шаймалау процесінде болатын химиялық реакциялар қолданылатын шаймалау агентіне және процестің шарттарына байланысты.

Бөлу және тазарту: шаймалаудан кейін мыспен байытылған ерітінді қатты қалдықтардан бөлінеді. Содан кейін мыс ерітіндіден технологиялық процестің нақты талаптарына байланысты еріткішті алу, тұндыру немесе электролиз сияқты әртүрлі әдістермен тазартылуы мүмкін.

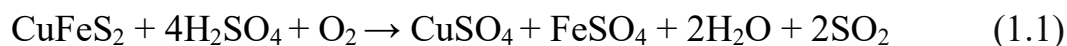
Шаймалау агентінің регенерациясы: кейбір жағдайларда шаймалау агентін өндіріс процесінде қалпына келтіруге және қайта пайдалануға болады, бұл химиялық заттарды тұтынуды азайтады және Қалдықтардың пайда болуын азайтады.

Сульфидті мыс кендерін шаймалау бірқатар артықшылықтар береді, соның ішінде төмен сортты кендерді өңдеу мүмкіндігі, дәстүрлі балқыту әдістерімен салыстырғанда энергияны тұтынуды азайту және қоршаған ортаға аз әсер ету. Дегенмен, тиімді және тұрақты жұмыс істеу үшін жанама өнімдерді кәдеге жарату, технологиялық режимдерді бақылау және экстракция тиімділігін оңтайландыру сияқты мәселелерді шешу қажет.

Жалпы, сульфидті мыс кендерін шаймалау мыс алудың кеңінен қолданылатын әдісі болып табылады және мыс балқыту өнеркәсібінде маңызды рөл атқарады.

Шаймалау агенттері: бұл процесте күкірт қышқылы, тұз қышқылы, аммиак және цианид ерітінділерін қоса алғанда, әртүрлі шаймалау агенттерін қолдануға болады. Шаймалау агентін таңдау кеннің табиғаты, қажетті реакция кинетикасы, экологиялық ойлар және экономикалық орындылық сияқты факторларға байланысты.

Реакция механизмдері: мыс сульфидті кендерін шаймалау күрделі химиялық реакцияларды қамтиды. Мысалы, сілтілендіргіш ретінде күкірт қышқылы қолданылған кезде, бастапқы реакцияларға мыс сульфидті минералдарының (мысалы, халькопирит) еритін мыс сульфаты кешендерін түзу үшін еруі жатады:



Қосымша реакциялар пайда болуы мүмкін, соның ішінде темір иондарының үш валентті темір иондарына тотығуы және элементар күкірттің түзілуі.

Тотықтырғыш шаймалау: көптеген жағдайларда шаймалау тиімділігін арттыру үшін тотықтырғыш шаймалау қолданылады. Сульфидті минералдардың тотығуын жеделдету және Мыстың еру жылдамдығын арттыру үшін шаймалау жүйесіне оттегі немесе басқа тотықтырғыштар енгізіледі.

Процесс шарттары: мыс сульфидінің шаймалау тиімділігіне Температураны, қысымды, қышқылдықты (рН), бөлшектердің мөлшерін, араластыруды және шаймалау агенттерінің концентрациясын қоса алғанда, процестің әртүрлі параметрлері әсер етеді.

Экологиялық ойлар: шаймалау сияқты гидрометаллургиялық процестер балқыту сияқты пирометаллургиялық әдістермен салыстырғанда энергия шығыны мен шығарындыларды азайту тұрғысынан артықшылықтар бергенімен, олар қоршаған ортаға да қиындықтар туғызады. Оларға фильтрат ерітінділерін басқару, атмосфераға шығарындыларды бақылау (мысалы, күкірт диоксиді) және қышқыл шахталарды ағызу мүмкіндігі жатады.

Экономикалық факторлар: мыс сульфидін шаймалаудың экономикалық тиімділігі кендердің әртүрлілігі, өңдеу шығындары, мысқа нарықтық сұраныс және нормативтік талаптар сияқты факторларға байланысты. Процестің экономикалық көрсеткіштерін шаймалау және оңтайландыру бойынша жобалардың өміршеңдігін бағалау үшін техникалық-экономикалық негіздемелер жүргізіледі.

Жалпы, сульфидті мыс кендерін шаймалау – бұл процестің икемділігі, энергия тиімділігі және қоршаған орта көрсеткіштері бойынша артықшылықтары бар мыс алудың әмбебап және кеңінен қолданылатын әдісі. Дегенмен, сәтті енгізу оңтайлы нәтижеге қол жеткізу үшін әртүрлі факторларды мұқият ескеруді талап етеді.

Халькопиритке байланысты проблемалар: халькопирит ( $\text{CuFeS}_2$ ) – көптеген мыс кен орындарында ең көп таралған мыс сульфидті минерал. Дегенмен, оның отқа төзімді табиғаты шаймалау процестеріне қиындық тудырады. Халькопириттен мыс алудың жоғарылауы көбінесе жоғары температураны, шаймалаудың ұзағырақ уақытын немесе алдын ала өңдеудің қосымша қадамдарын (мысалы, күйдіру немесе биологиялық шаймалау) қажет етеді.

## **1.2 Мыс құрамдас кендерді әртүрлі ерітінділерімен шаймалау**

Құрамында мыс бар кендерді әртүрлі ерітінділермен шаймалау оның кендерінен мыс алудың гидрометаллургиялық әдістерінің бірі болып табылады. Әдетте бұл үшін қышқылдардың әртүрлі түрлері мысалы, күкірт қышқылы

(H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) немесе тұз қышқылы (HCl) немесе сілтілер, мысалы, натрий гидроксиді (NaOH) және хлоридтер қолданылады.

Шаймалау процесі – бұл кен құрамында минералдармен әрекеттесетін, мыс пен басқа да бағалы металдарды ерітетін ерітіндіге ұшырайды. Бұл процесс химиялық тұрғыдан күрделі болуы мүмкін және мысты оңтайлы алу үшін температура, рН және ерітінді концентрациясы сияқты параметрлерді бақылауды қажет етеді.

Ерітіндіні таңдау кеннің құрамына, химиялық реагенттердің қол жетімділігіне, экономикалық орындылығына және басқа факторларға байланысты. Сонымен қатар, мысты кендерден шаймалағаннан кейін ерітіндіден мыс алу және тазарту үшін қосымша процестер қажет болуы мүмкін, мысалы, экстракция немесе электро тұндыру.

### **1.2.1 Хлорид ерітінділерімен шаймалау**

Хлорид ерітінділерімен шаймалау – хлорид ерітінділерін пайдаланып шаймалау арқылы кеннен немесе концентраттардан металдарды немесе минералдарды алу процесі. Бұл процесс гидрометаллургияда мыс, никель, кобальт және басқалары сияқты металдарды сульфидті немесе оксидті кендерден алу үшін кеңінен қолданылады.

Хлорид ерітінділерін шаймалау процесі әдетте келесі қадамдарды қамтиды:

Кенді дайындау: кенді немесе концентратты шаймалау үшін металдардың қол жетімділігін арттыру үшін ұсақтау және ұнтақтау сияқты алдын ала өңдеуден өткізеді.

Ерітіндіні дайындау: хлорид ерітіндісі дайындалады, ол шаймалау үшін қолданылады. Бұл ерітіндіні металл хлоридтерін суда немесе басқа тиісті еріткіштерде еріту арқылы жасауға болады.

Шаймалау: руда немесе концентрат реактордағы немесе реактивті ыдыстағы хлорид ерітіндісімен жанасады. Шаймалау процесінде металдар қатты фазадан ерітіндіге ауысады.

Ерітінді мен қатты фазаның бөлінуі: шаймалаудан кейін ерітінді еріген металдармен және ерімейтін қалдықтары бар қатты фазамен бөлінеді.

Ерітіндіден металдарды алу: процестің нақты жағдайларына байланысты металдар тұндыру, электролиз немесе басқа әдістер арқылы хлорид ерітіндісінен алынады.

Хлорид ерітінділерін шаймалау процесі әдетте металдарды олардың кеңінен немесе концентраттарынан алудың тиімді әдісі болып табылады, әсіресе сульфидті кендерді басқа әдістермен өңдеу қиын болуы мүмкін жағдайларда.

## 1.2.2 Құрамында мыс бар шикізатты сілтілі ерітінділермен шаймалау

Құрамында мыс бар кендерден мыс алу минералды ресурстарды өндіру саласындағы маңызды міндет болып табылады. Сілтілік шаймалау – кеннен мысты тиімді алу үшін өнеркәсіптік жағдайларда кеңінен қолданылатын әдістердің бірі.

Құрамында мыс бар кендерді сілтілі шаймалаудың кең таралған әдістерінің бірі – аммиак әдісі. Мыс пен аммиак арасындағы реакция процесін келесідей сипаттауға болады:



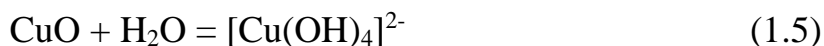
Алынған аммиак – мыс кешенін одан әрі тұндыруға болады, әсіресе аммоний хлоридін қолданған кезде, бұл мыс алу процесінде қолданылатын мыс хлоридінің түзілуіне әкеледі.

Құрамында мыс бар кендерді сілтілі шаймалаудың тағы бір маңызды әдісі – тұз қышқылын шаймалау әдісі. Бұл әдісте кен күкірт қышқылы мен сілтінің қоспасымен өңделеді, бұл мыстың еруіне әкеледі. Әдетте бұл процесс екі сатыда жүреді: алдымен реактивтер рудамен араласып, сумен жуылады, содан кейін концентрацияланған күкірт қышқылы қосылады, бұл мыстың еруіне әкеледі. Процесті келесі реакциямен сипаттауға болады:



Бұл әдіс сонымен қатар тұндырылған мыс сульфаттарын алуға мүмкіндік береді, оларды таза мыс алу үшін одан әрі өңдеуге болады.

Құрамында мыс бар кендерді сілтілі шаймалаудың тағы бір әдісі – гидроксидтеу әдісі. Бұл әдісте кен материалы калий перманганаты немесе оттегі хлориді сияқты тотықтырғыштары бар жоғары сілтілі ерітіндімен өңделеді. Бұл әдістегі негізгі реакция:



Алынған мыс гидроксидін тұндыруға немесе таза мыс алу үшін флотация әдісін қолдануға болады.

Құрамында мыс бар кендерді сілтілі шаймалау әдісін таңдау көптеген факторларға байланысты, соның ішінде кен құрамы, реагенттердің болуы, экономикалық тиімділік және экологиялық тұрақтылық. Берілген әдістердің әрқайсысының өзіндік артықшылықтары мен шектеулері бар. Мысалы, аммиак әдісі мыс алу тиімділігінің жоғары деңгейіне қол жеткізуге мүмкіндік береді, бірақ ол жабдықтар мен реагенттерге айтарлықтай инвестицияларды қажет

етеді. Тұз қышқылын шаймалау әдісі үнемді, бірақ қалдықтарды өңдеуде қиындықтар тудыруы мүмкін.

Алайда, заманауи технологиялар дамып келеді және зерттеушілер құрамында мыс бар кендерді сілтілі шаймалау әдістерін жетілдіруде. Маңызды бағыт – шаймалау тиімділігін жақсартатын және қоршаған ортаға жағымсыз әсерлерді азайтатын жаңа экстрагент реагенттерін жасау.

Қорытындылай келе, сілтілі шаймалау құрамында мыс бар кендерден мыс алудың маңызды әдісі болып табылады. Аммиак, тұздар сияқты әдістер қышқылды шаймалау және гидроокшаулау, әртүрлі артықшылықтар мен шектеулерді ұсынады және әдісті таңдау өндіріс процесінің нақты шарттары мен талаптарына негізделуі керек. Осы саладағы қосымша зерттеулер мен даму құрамында мыс бар кендерді сілтілі шаймалаудың тиімді және қауіпсіздікті қамтамасыз ететін әдістерін жасауға ықпал етеді.

### **1.2.3 Құрамында мыс бар кендерді азот қышқылымен шаймалау әдістері**

Құрамында мыс бар кендерді азот қышқылымен шаймалау әдістері мысты гидрометаллургиялық өңдеудегі маңызды процестердің бірі болып табылады. Бұл әдістер азот қышқылдарының (негізінен азот қышқылы,  $\text{HNO}_3$ ) еритін кешендер түзу арқылы кеннен мыс алу қабілетіне негізделген.

Азот қышқылы – күшті тотықтырғыш және мыс үшін еріткіш қабілеті жоғары агент. Құрамында мыс бар кендерді азот қышқылымен шаймалаудың негізгі химиялық реакциясы келесідей болуы мүмкін:



Бұл процесте азот қышқылы мыс сульфидтерін, мысалы, халькопиритті ( $\text{CuFeS}_2$ ) немесе калькопиритті ( $\text{CuFeS}_2$ ) мыс нитраттары мен күкірт қышқылына тотықтырады. Бөлінетін азот оксидтері де ( $\text{NO}_x$ ) реакция өнімдері болып табылады. Алынған мыс нитраттарын жоғары сапалы мыс алу үшін өңдеуге болады.

Алайда, азот қышқылын шаймалау температура, азот қышқылының концентрациясы, қысым және шаймалау уақыты сияқты басқа параметрлерді қамтуы мүмкін. Мысалы, зертханалық зерттеулер әдетте 0,5 – тен 6 М – ге дейінгі азот қышқылының концентрациясын пайдаланады, шаймалау температурасы шамамен 70–90 °С, ал өсіру уақыты бірнеше минуттан бірнеше сағатқа дейін болуы мүмкін.

Бұл параметрлерді оңтайландыру шаймалау тиімділігін жақсартуда маңызды рөл атқарады. Азот қышқылының жоғары концентрациясы мыс сульфидтерінің ыдырауын және мыс нитраттарының түзілуін жеделдету арқылы реакцияны ынталандыруы мүмкін. Алайда, тым жоғары концентрация қосымша реакциялар мен қажетсіз нитрат шөгінділерінің пайда болуына әкелуі мүмкін.

Оңтайлы температура мыстың берілуіне де әсер етеді. Температура көтерілген кезде реакция тезірек және тиімдірек жүреді, бірақ жоғары температура азот оксидтерінің тым күрт бөлінуіне және мыстың қажетсіз жоғалуына әкелуі мүмкін. Осыған ұқсас, қысым процеске де әсер етуі мүмкін. Қысымның жоғарылауы реакция жылдамдығын арттыруы мүмкін, бірақ тым жоғары қысым кенді бұзып, процестің тиімділігін нашарлатуы мүмкін.

Мыс өсірудің ауқымды процестерінде техникалық параметрлер де маңызды. Өнеркәсіптік масштабта әдетте автоклавтар немесе араластырғыш реакторлар сияқты арнайы азот қышқылын сілтілендіргіштер қолданылады. Олар біркелкі араластыруды және температура мен қысымды бақылауды қамтамасыз етеді. Бұл мыс беруді жақсарту және өсіру уақытын қысқарту арқылы процестің тиімділігі мен өнімділігін арттыруға көмектеседі.

#### **1.2.4 Құрамында мыс бар кендерді күкірт қышқылымен шаймалау әдістері**

Құрамында мыс бар кендерді күкірт қышқылымен шаймалау әдістері мысты гидрометаллургиялық өңдеуде кеңінен қолданылады. Бұл әдістер күкірт қышқылының ( $H_2SO_4$ ) мыс сульфидтерімен әрекеттесіп, оларды еритін мыс сульфаттарына айналдыру қабілетіне негізделген. Күкірт қышқылы – күшті қышқылды тотықтырғыш және енетін агент. Ол мыс сульфидтерімен, мысалы, халькопиритпен ( $CuFeS_2$ ) немесе калькопиритпен ( $CuFeS_2$ ) әрекеттесіп, еритін мыс сульфаттарын түзе алады. Құрамында мыс бар кендерді күкірт қышқылымен шаймалаудың негізгі химиялық реакциясы келесідей болуы мүмкін:



Бұл реакцияда күкірт қышқылы мыс сульфидтерімен әрекеттесіп, мыс сульфатын, күкірт диоксидін ( $SO_2$ ) және суды түзеді. Қолданылатын күкірт қышқылының концентрациясы, температура, қысым және шаймалау уақыты мыс өсіру процесінде маңызды рөл атқарады.

Күкірт қышқылының концентрациясы мыс өсіру процесінің негізгі факторларының бірі болып табылады. Күкірт қышқылының жоғары концентрациясы реакцияны жылдамдату арқылы мыстың шаймалану жылдамдығын арттыруы мүмкін, бірақ тым жоғары концентрация қажетсіз шөгінділердің пайда болуына және қышқылдың жоғалуының жоғарылауына әкелуі мүмкін. Оңтайлы концентрация кен түріне және процестің жағдайына байланысты болады.

Температура мысты шаймалау процесіне де әсер етеді. Температураның жоғарылауы реакция жылдамдығын арттырып, мыс беруді арттыруы мүмкін, бірақ жоғары температура құнды компоненттердің жоғалуына және қажетсіз

шөгінділердің пайда болуына ықпал етуі мүмкін. Сондықтан мыс өсіру процесінде оңтайлы температураны таңдау маңызды аспект болып табылады.

Қысым құрамында мыс бар кендерді күкірт қышқылымен шаймалауда да рөл атқаруы мүмкін. Қысымның жоғарылауы реакция жылдамдығын арттыру арқылы процестің тиімділігін арттыруы мүмкін. Алайда, тым жоғары қысым кеннің бұзылуына және процестің тиімділігінің нашарлауына әкелуі мүмкін. Сондықтан мысты тиімді өсіру үшін қысым мен басқа параметрлердің оңтайлы үйлесімін табу керек.

Техникалық масштабта құрамында мыс бар кендерді күкірт қышқылымен шаймалау агитациялық реакторлар немесе автоклавтар сияқты арнайы жабдықты қолдану арқылы жүзеге асырылады. Бұл құрылғылар реакция қоспасын тиімді араластыруды және температура мен қысымды бақылауды қамтамасыз етеді, бұл мыс шығымдылығын арттыруға және өсіру уақытын қысқартуға көмектеседі.

Құрамында мыс бар кендерді күкірт қышқылымен шаймалау мысты гидрометаллургиялық өңдеудің маңызды әдісі болып табылады. Химиялық реакциялар, өсу жағдайлары және техникалық параметрлер процестің тиімділігіне әсер ететін негізгі факторлар болып табылады. Бұл параметрлерді оңтайландыру мыстың жоғары берілуіне қол жеткізудің және өсіру процесін жақсартудың маңызды аспектісі болып табылады.

### 1.2.5 Мыс сульфидін хлорид ерітінділерімен шаймалау

Мыс сульфидін хлорид ерітінділерімен шаймалау – бұл сульфидті кендерден мыс алу кезінде қолданылатын процесс. Бұл әдетте қалай жұмыс істейді:

Кенді дайындау: халькопирит ( $\text{CuFeS}_2$ ) немесе борнит ( $\text{Cu}_5\text{FeS}_4$ ) сияқты сульфидті кен шаймалау үшін бетінің ауданын ұлғайту үшін ұсақталады және ұнтақталады.

Шаймалау: содан кейін ұнтақталған кен хлоридтердің, көбінесе тұз қышқылының ( $\text{HCl}$ ) немесе темір хлоридінің ( $\text{FeCl}_3$ ) ерітінділерімен шаймаланады. Бұл кезеңде мыс сульфиді хлорид ерітіндісімен әрекеттесіп мыс хлоридінің еритін кешендерін түзеді:



Алынған мыс хлориді ерімейтін қалдықтарды қалдырып, ерітіндіде ериді.

Бөлу және алу: мыс хлоридінің ерітіндісі қатты қалдықтардан бөлінеді. Содан кейін мыс ерітіндіден тұндыру, еріткіш экстракциясы немесе электролиз сияқты әртүрлі әдістермен алынады.

Хлорид ерітіндісінің регенерациясы. Хлорид ерітіндісін шаймалау процесінде қалпына келтіруге және қайта пайдалануға болады, оны қоспаларды кетіру үшін өңдейді және қажет болған жағдайда хлорид құрамын толтырады.

Бұл әдістің бірқатар артықшылықтары бар, соның ішінде мыс алудың салыстырмалы түрде жоғары дәрежесі және төмен сортты кендерді өңдеу мүмкіндігі. Сонымен қатар, бұл қоршаған ортаға әсерді басқару сияқты проблемаларды тудырады, әсіресе күкіртсутек сияқты күкірт бар жанама өнімдерді өңдеуге және өңдеуге қатысты.

Жалпы, мыс сульфидін хлорид ерітінділерімен шаймалау металлургия өнеркәсібінде сульфидті кендерден мыс алу үшін маңызды процесс болып табылады.

Хлоридтер мыс металлургиясында, әсіресе оның кендерінен мыс алу процестерінде маңызды рөл атқарады. Міне, оларды қалай қолданудың бірнеше жолы:

Бірінші процесте кен балқымас бұрын мыс хлоридтерімен байытылады. Мыс хлоридтері мыс сульфидтерімен әрекеттесіп, оларды оксидтерге айналдырады, содан кейін оларды оңай өңдеуге болады.

Гидрометаллургиялық процестер: мыс хлоридтерін гидрометаллургия процестерінде оның кенінен немесе концентраттарынан мыс алу үшін қолдануға болады. Бұл процесс әдетте еріткіш ретінде мыс хлоридтерін пайдаланып кенді шаймалауды, содан кейін алынған ерітіндіден мыс алуды қамтиды.

Электролиз: мыс хлоридтерін жоғары тазалықтағы мыс алу үшін мыс тұздарының ерітінділерін электролиздеу кезінде электролит ретінде пайдалануға болады.

Қалдықтарды өңдеу: кейбір жағдайларда мыс хлоридтерін құрамында мыс бар қалдықтарды өңдеу үшін қолдануға болады, содан кейін алынған ерітінділерден мыс алынады.

Мыс хлоридтері мыс металлургиясының әртүрлі процестеріндегі маңызды компонент болып табылады, бұл мыс өндіру мен өңдеуді тиімдірек етуге көмектеседі.

### **1.3 Шаймалау әдістерінің түрлері**

Мыс кендерін шаймалау үшін бірнеше әдістер қолданылады: үйінділерде шаймалау, жер асты шаймалау, перколяциямен шаймалау, агитациялық шаймалау, автоклавты шаймалау.

Үйінділерде шаймалау. Ол үшін кен көлбеу су өткізбейтін негізге қойылады. Жоғарыдағы үйінді кен денесі арқылы өтетін және мыс қосылыстарын ерітетін ерітіндімен суарылады. Ағып жатқан ерітінді тоғандарда жиналып, мыс алуға жіберіледі. Сусызданғаннан кейін ерітінді суаруға қайтарылады.

Үйінді шаймалау – әдетте оксидті мыс кендері үшін қолданылатын, бірақ кейбір сульфидті кендерге де қолданылуы мүмкін арзан экстракция әдісі. Үйінді шаймалау кезінде ұнтақталған кен үйінділерге жиналып, шаймалау ерітіндісімен суарылады, бұл мыстың еруіне және үйіндіден алынуына



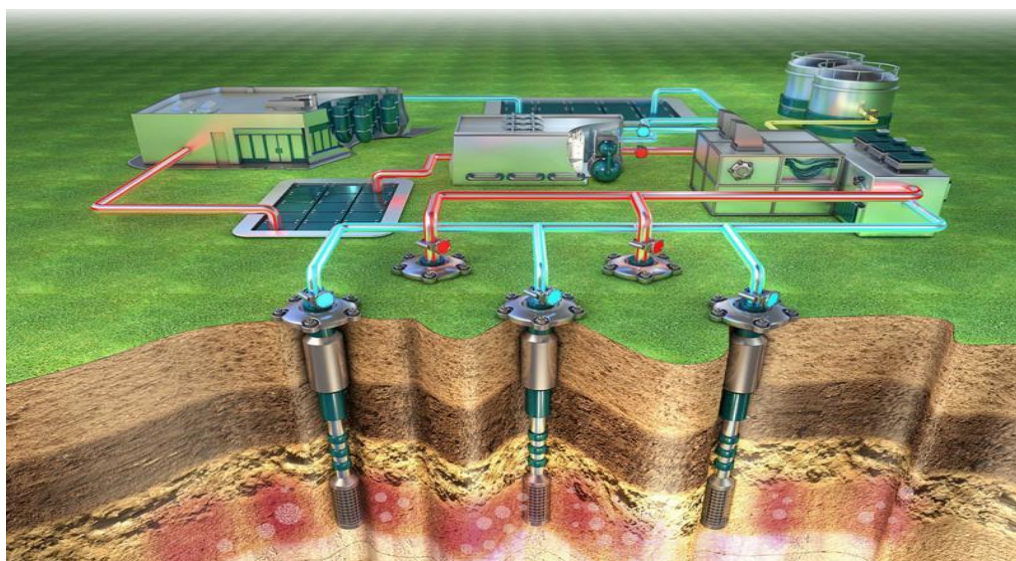
мүмкіндік береді. Үйінді шаймалау ауқымды операциялар үшін жарамды және төмен сортты кендер үшін үнемді болуы мүмкін.



1.1 - сурет – Үйінді шаймалау

Қысыммен шаймалау: қысыммен шаймалау – бұл жоғары қысым мен температурада жүргізілетін шаймалау процесінің бір түрі. Бұл әдіс әсіресе құрамында көп мөлшерде қоспалары бар күрделі сульфидті кендерді немесе концентраттарды өңдеуде тиімді. Қысыммен шаймалау металды алу дәрежесін арттырып, атмосфералық шаймалаумен салыстырғанда өңдеу уақытын қысқартуы мүмкін, бірақ бұл үшін арнайы жабдық пен жұмыс тәжірибесі қажет.

Жер асты шаймалау – мыс кен орындарының барлық шахталарында табиғи процесс. Оны кен денесіне ұңғымалар арқылы ерітінділер беру арқылы жасанды түрде ұйымдастыруға болады. Жер асты шаймалау ерітінділері төменгі қазбаларда жиналып, мыс алу үшін сорылады.



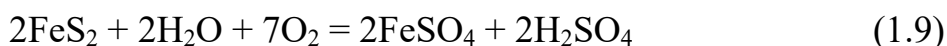
1.2 - сурет – Жер асты шаймалау

Баланстан тыс шикізаттан мыс алу үшін үйінді және жер асты шаймалау қолданылады (1.1 – кесте). Технологияны іске асыру шикізаттың үлкен массасын, кедей ерітінділердің үлкен көлемін, өнеркәсіптік аймақтардан қашықтықты және энергиямен қамтамасыз ету, жұмыс күшімен қамтамасыз ету проблемаларын, сондай-ақ метеорологиялық факторлардың (жаңбыр, құрғақшылық, су тасқыны) әсерімен бір мезгілде өңдеумен қиындайды.

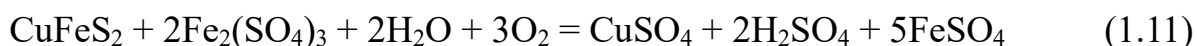
Кесте 1.1 – Баланстан тыс шикізатты үйінді және жерасты шаймалау әдістерімен өңдеу көрсеткіштері

Көрсеткіш	Үйінді шаймалау	Жерасты шаймалау
Кендегі алынатын металдың мөлшері, %	1,0 – 2,5	0,5 – 1,0
Еріткіштің құрамы, %	1,0 – 3,0 H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,6 H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , (Fe <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> ,
Байланыс ұзақтығы, күн	2 – 4	микроорганизмдер 160 – 200
Соңғы ерітіндідегі металл құрамы, г/дм <sup>3</sup>	1,0 – 4,0	0,8 – 1,5
Ерітіндіге шығару, %	70 – 80	60 – 70

Сульфидтердің негізгі еріткіші – пиритке ауа мен су оттегі әсер еткенде пайда болатын сұйылтылған қышқыл Fe<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> ерітіндісі:



Түзілген темір сульфаты сульфидті минералдарға әсер етеді және оларды ерітеді, мысалы:



Fe<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> ерітінділерімен шаймалау процесін күшейту үшін табиғи бактериялардың белгілі бір түрлері кеңінен қолданылады. Шаймалау процесінің өзінде микроорганизмдер қатыспайды және еріткіштің түзілуін жеделдететін катализатор ретінде әрекет етеді:

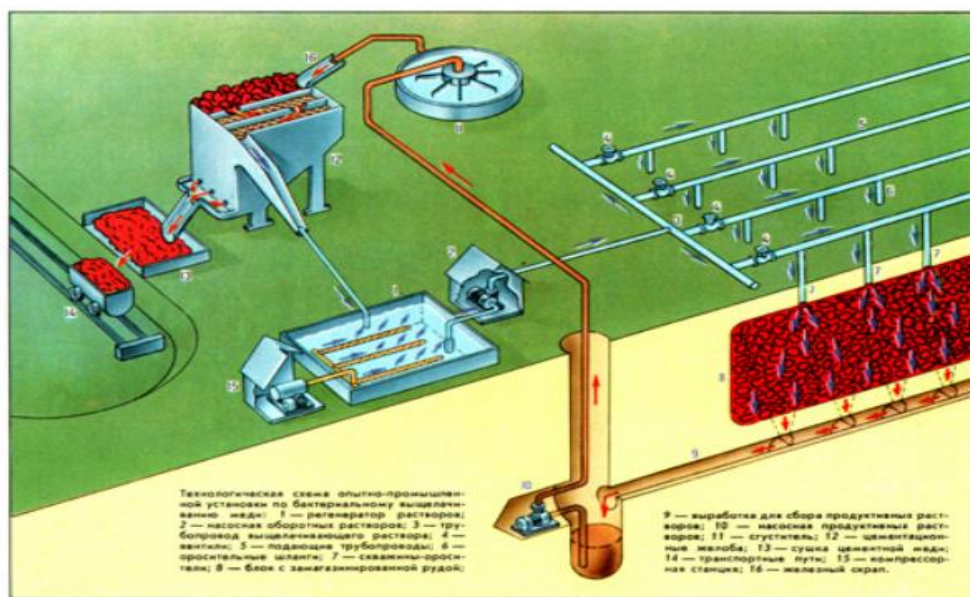


Fe<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> бактериялары болған кезде олар болмаған кездегіден шамамен 100 есе көп түзіледі.

Үйінді және жер асты шаймалаудың түбегейлі айырмашылығы қайта өңделетін шикізат түріне және оны дайындау әдісіне байланысты. Суару, ерітінді жинау және оны өңдеу әдістері көп жағынан салыстырмалы.

Үйінділер мен үйінділерді шаймалауды ұйымдастырудағы негізгі күрделі шығындар гидроокшаулағыш негіз жүйесінің құрылысымен байланысты; жерасты шаймалау үшін негізгі шығындар (45 – 60 % дейін) кен массивін ұсақтау жұмыстарымен байланысты. Пайдалану шығындарының құрылымында негізгі үлес еріткіш, электр энергиясы және жалақы шығындарына жатады. Баланстан тыс шикізатты жерасты және үймелі шаймалауды ұйымдастыру жерді пайдалану және қоршаған ортаны қорғау жағдайларына тікелей әсер етеді.

Бактериялық шаймалау: бактериялық шаймалау – бұл сульфидті минералдардың, соның ішінде халькопириттің тотығуын катализдеу үшін арнайы микроорганизмдерді қолданатын микробиологиялық процесс. Ацидофильді бактериялар (мысалы, *acidithiobacillus ferrooxidans*) және архейлер (мысалы, ферроплазма) сияқты микроорганизмдер мыс алуға ықпал ететін күкірт қышқылы мен темір иондарын шығару арқылы биологиялық шаймалауда шешуші рөл атқарады. Бактериялық шаймалау дәстүрлі химиялық шаймалау әдістеріне экологиялық таза және үнемді балама бола алады.



1.3 - сурет – Бактериялық шаймалау

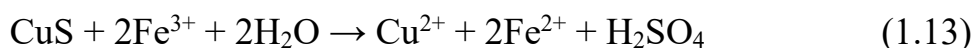
Қоршаған ортаны қалпына келтіру: мыс сульфидін шаймалау операцияларының қоршаған ортаға әсерін басқару тау-кен өнеркәсібінің тұрақты дамуы үшін өте маңызды. Қоршаған ортаны қалпына келтіру стратегиялары фильтратты окшаулау мен өңдеуді, бұзылған жер учаскелерін қалпына келтіруді, шаңға қарсы шараларды жүзеге асыруды және ауа мен судың сапасын бақылауды қамтуы мүмкін.

Зерттеулер мен әзірлемелер: зерттеулер мен әзірлемелердегі ағымдағы күш-жігер мыс сульфидін шаймалау процестерінің тиімділігін, тұрақтылығын және экологиялық көрсеткіштерін арттыруға бағытталған. Бұған жаңа шаймалау агенттерін әзірлеу, процесс параметрлерін оңтайландыру, баламалы энергия көздерін пайдалану және процесті басқарудың озық технологияларын енгізу кіреді.

Осы мәселелерді шеше отырып, тау-кен өнеркәсібі ресурстарды пайдалануды оңтайландыруға, қоршаған ортаға әсерді барынша азайтуға және мыс өндіру операцияларының ұзақ мерзімді рентабельділігін қамтамасыз етуге ұмтыла отырып, мыс сульфидін шаймалау ғылымы мен технологиясын жетілдіруді жалғастыруда.

### 1.3.1 Құрамында мыс бар кендерді үйінді шаймалау

Құрамында мыс бар кендерді үйінді шаймалау мыс кендерін гидрометаллургиялық өндеудің негізгі әдістерінің бірі болып табылады. Бұл әдіс құрамында мыс бар минералдарды тотықтыру үшін *thiobacillus ferrooxidans* және *thiobacillus thiooxidans* сияқты бактериялардың табиғи реакциясын қолдануға негізделген, осылайша оны одан әрі алу үшін мыс босатылады. Үйінді шаймалаудың негізгі аспектісі – *thiobacillus ferrooxidans* және *thiobacillus thiooxidans* сияқты бактерияларды қолдану. Бұл микроорганизмдер мыс сульфидтерін тотықтырып, мысты ерітіп, оны кеннен босатады. Үйінді шаймалау процесіндегі негізгі биохимиялық реакцияны келесідей көрсетуге болады:



Бұл реакцияда бактериялар сульфидті минералдарды тотықтырып, мыс иондары мен күкірт қышқылын босатады. Содан кейін мыс иондарын оқшаулау жоғары тазалықтағы мыс алу үшін оларды әрі қарай өндеуге және байытуға мүмкіндік береді.

Үйінді өсірудегі негізгі параметрлердің бірі-кенді үйінділерге орналастыру. Кен қажетті желдету мен дренаж жүйесін қамтамасыз ететін арнайы негіздері мен өткізу қабаттары бар өріске орналастырылады. Кендердің тотығуын жақсарту және бактериялардың жеткілікті енуін қамтамасыз ету үшін үйіндінің жоғарғы жағына ауа мен еріткіштер (әдетте күкірт қышқылы) енгізіледі. Бұл процесс өсіру тиімділігін оңтайландыру үшін үйіндінің температурасын, ылғалдылығын және қышқылдығын бақылауды қажет етеді.

Өсіру параметрлеріне температура, ылғалдылық, қышқылдық және процестің ұзақтығы да кіреді. Бактериялардың белсенділігі үшін оңтайлы температура әдетте бактериялардың түріне байланысты шамамен 20 – 45 °C құрайды. Үйінді ылғалдылығы бактерияларды реакциялар үшін жеткілікті сумен қамтамасыз ету үшін маңызды. Қышқылдық бактерияларды белсендіруде

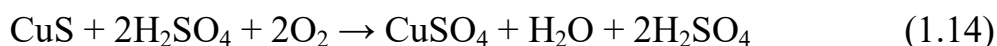
рөл атқарады және мыс сульфидтерінің ерігіштігін реттейді. Процестің ұзақтығы кендердің сипаттамаларына және процесс жағдайларына байланысты бірнеше айдан бірнеше жылға дейін болуы мүмкін.

Үйінді өсірудің техникалық ерекшеліктеріне үйінділерді ұйымдастыру, еріткіштерді бұрку жүйесі және өсіру параметрлерін бақылау кіреді. Үйінділер көбінесе қабатты құрылымға ие, әр түрлі материалдар, мысалы, кендер, негіздер және өткізу қабаттары. Еріткіш бұрку жүйесі су мен қышқылдың бүкіл үйіндіге біркелкі таралуын қамтамасыз ететіндей етіп жобалануы және басқарылуы керек. Температура мен қышқылдық сияқты өсу параметрлерін бақылау бактериялардың дамуына және мыстың тиімді босатылуына оңтайлы жағдай жасайды. Құрамында мыс бар кендерді үйінді шаймалау мысты гидрометаллургиялық өңдеудің маңызды әдісі болып табылады. Ол құрамында мыс бар минералдарды тотықтыру және мысты босату үшін бактерияларды қолдануға негізделген. Кенді орналастыру, температура, ылғалдылық, қышқылдық және процестің ұзақтығы сияқты өсіру параметрлерін оңтайландыру үйінді шаймалау табысының негізгі факторы болып табылады. Мыс өсірудің тиімді процесі үшін үйінді құрылымы, еріткіш бұрку жүйесі және өсіру параметрлерін бақылау сияқты техникалық ерекшеліктер де маңызды рөл атқарады.

### 1.3.2 Автоклавты шаймалау әдісі

Автоклавты шаймалау әдісі кендерден мысты гидрометаллургиялық өңдеуде маңызды процесс болып табылады. Бұл әдіс минералдардан мысты ерітудің оңтайлы жағдайларына жету үшін жоғары температура мен қысымды қолдануға негізделген. Құрамында мыс бар кендерді автоклавпен шаймалау автоклав деп аталатын арнайы жабдықты пайдаланады. Автоклав – жоғары температура мен қысымға төтеп бере алатын камера. Әдетте өндіріс көлеміне байланысты бірнеше ондағаннан бірнеше жүз литрге дейінгі автоклавтар қолданылады.

Автоклавты шаймалаудағы маңызды химиялық реакция мыс сульфидтерінің тотығу реакциясы болып табылады. Жоғары температура мен қысымда күкірт қышқылы ( $H_2SO_4$ ) және оттегі ( $O_2$ ) мыс сульфидтерімен, мысалы, халькопиритпен ( $CuFeS_2$ ) немесе калькопиритпен ( $CuFeS_2$ ) әрекеттесіп, еритін мыс сульфаттары мен күкірт қышқылын түзеді:



Мыс оксиді ( $CuO$ ) реакцияда да түзілуі мүмкін. Бұл реакциялар жоғары шаймалау тиімділігі үшін оңтайлы жағдайларды қамтамасыз ететін жоғары температура мен қысымда жүреді.

Автоклавты шаймалау кезінде температура, қысым, күкірт қышқылының концентрациясы және шаймалау уақыты маңызды параметрлер болып

табылады. Температура әдетте кен түріне байланысты 120 – 250 °С аралығында болады. Жоғары температура химиялық реакциялардың тез жүруіне ықпал етеді, бірақ тым жоғары температура азот оксидтерінің қалаусыз түзілуіне және мыстың жоғары жоғалуына әкелуі мүмкін.

Автоклавты шаймалауда қысым да маңызды рөл атқарады. Қысымның жоғарылауы реакция жылдамдығын арттырып, мыстың берілуін арттыруы мүмкін. Алайда, тым жоғары қысым қысымның төмендеуіне, жабдықтың бұзылуына және процестің тиімділігінің нашарлауына әкелуі мүмкін. Сондықтан қысымды дұрыс теңестіру маңызды аспект болып табылады.

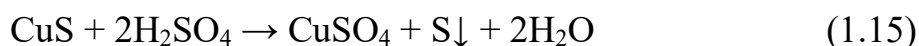
Күкірт қышқылының концентрациясы мыстың берілуіне де әсер етеді. Күкірт қышқылының жоғары концентрациясы реакцияны ынталандырады, мыс сульфидтерінің ыдырауын және еритін мыс сульфаттарының түзілуін тездетеді. Алайда, тым жоғары концентрация қажетсіз шөгінділердің пайда болуына және күкірт қышқылының жоғалуына әкелуі мүмкін. Оңтайлы концентрацияны анықтау автоклавты өсірудің маңызды аспектісі болып табылады.

Автоклавты шаймалауды техникалық іске асыру арнайы жабдықты пайдалануды және процесс параметрлерін бақылауды қамтиды. Автоклавтар әдетте жылытқыштармен, сыртқы немесе ішкі салқындату жүйесімен, ерітінді бүрку жүйесімен және қысым мен температураны бақылау жүйесімен жабдықталған. Бұл шаймалау үшін тұрақты және оңтайлы жағдайларды қамтамасыз етуге мүмкіндік береді. Құрамында мыс бар кендерді автоклавпен шаймалау мысты гидрометаллургиялық өндеудің маңызды әдісі болып табылады. Ол минералдардан мысты еріту үшін жоғары температура мен қысымды қолдануға негізделген. Температура, қысым, күкірт қышқылының концентрациясы және шаймалау уақыты сияқты шаймалау параметрлерін оңтайландыру тиімді процестің негізгі факторы болып табылады. Процестің техникалық іске асырылуы мысты шаймалаудың оңтайлы жағдайларын қамтамасыз ету үшін арнайы жабдықты пайдалануды және процесс параметрлерін бақылауды қамтиды.

### 1.3.3 Құрамында мыс бар кендерді агитациялық шаймалау әдісі

Құрамында мыс бар кендерді агитациялық шаймалау әдісі мыс кенін гидрометаллургиялық өндеудегі негізгі процестердің бірі болып табылады. Бұл әдіс мыс алу үшін ерітінді мен кенді механикалық араластыруды қолданады.

Агитациялық шаймалау жұмысының принципі олардың арасындағы тиімді байланысқа мүмкіндік беру үшін ерітінді мен кенді механикалық араластыруға негізделген. Бұл ерітіндінің кен құрылымына енуіне және мыс минералдарымен әрекеттесуіне мүмкіндік береді. Құрамында мыс бар кендерді агитациялық шаймалау кезіндегі негізгі химиялық реакция мыс сульфидтерінің күкірт қышқылымен (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) тотығуы болып табылады, нәтижесінде мыс ериді:



Бұл реакцияда күкірт қышқылы кеннен мысты тотықтырып, еритін мыс сульфаттары мен элементар күкірт түзеді. Процесс барысында азот оксидтері де ( $\text{NO}_x$ ) түзілуі мүмкін.

Агитациялық шаймалау параметрлерін оңтайландыру процестің тиімділігінде маңызды рөл атқарады. Күкірт қышқылының концентрациясы, температура, тығыздық және шаймалау уақыты мыстың шығуына әсер ететін маңызды факторлар болып табылады. Күкірт қышқылының жоғары концентрациясы мыстың тез еруіне ықпал етеді, бірақ тым жоғары концентрация қажетсіз қосылыстардың пайда болуына және қышқылдың жоғалуына әкелуі мүмкін. Оңтайлы концентрация кен түріне және процестің жағдайына байланысты.

Температура агитациялық шаймалау тиімділігіне де әсер етеді. Жоғары температура еру реакцияларын тездетіп, мыс шығымдылығын арттыруы мүмкін, бірақ тым жоғары температура құнды компоненттердің жоғалуына және қажетсіз шөгінділердің пайда болуына әкелуі мүмкін. Сондықтан оңтайлы температура өсіру тиімділігі мен өнеркәсіптік қауіпсіздікті ескере отырып таңдалады.

Кен мен ерітінді қоспасының тығыздығы олардың арасындағы тиімді байланыс үшін де маңызды. Жоғары тығыздық ерітіндінің рудаға жақсы енуін қамтамасыз етеді, бұл Мыстың тиімді сілтіленуіне ықпал етеді. Оңтайлы тығыздық кеннің қасиеттеріне және құрылғының дизайнына байланысты.

Агитациялық жұмыстары процестің ауқымына және қажетті өнімділікке байланысты әр түрлі типтегі құрылғыларды қолданады. Әдетте кен мен ерітінді қоспасын механикалық араластыратын үгіткіштер қолданылады. Үгіткіштер тік немесе көлденең болуы мүмкін және компоненттер арасында тиімді араластыру мен жанасуды қамтамасыз етеді. Кейбір процестерге масса алмасуды және ерітінді мен кен арасындағы байланысты жақсарту үшін көбікті қолдану кіруі мүмкін. Құрамында мыс бар кендерді агитациялық шаймалау мысты гидрometаллургиялық өңдеудің маңызды әдісі болып табылады. Жұмыс принципі мысты тиімді байланыстыру және шаймалау үшін ерітінді мен кенді механикалық араластыруға негізделген. Күкірт қышқылының концентрациясы, температура, тығыздық және шаймалау уақыты сияқты оңтайлы шаймалау параметрлері мыстың шығуына әсер етеді. Әр түрлі құрылғылардың дизайны мен қолданылуы процестің компоненттері арасындағы тиімді араластыру мен байланысқа ықпал етеді.

## 2 Тәжірибелік бөлім

### 2.1 Шаймалау механизмі

Көптеген зерттеулердің нәтижелері мынаны көрсетеді: құрамында мыс бар минералдардың толық шаймалануы екі кезеңде жүреді. Шаймалаудың бірінші кезеңінде мыс иондары бөлшектердің бетіне диффузияланған кезде "тұрақты" ковеллит пайда болғанға дейін бірқатар аралық қатты өнімдер пайда болады. Шаймалаудың екінші кезеңінде ковеллит реакцияға түседі, нәтижесінде реакцияға түспеген ковеллиттің тотықсыздану өзегін қоршап тұрған элементар күкірт қабығы пайда болады. Хлоридті ерітінділерде комплекс түзудің қосымша реакциялары өте маңызды. Мыс хлоридінің ерітінділерінде,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{CuCl}^+$  немесе  $\text{CuCl}_2$  байқалады, ал соңғысы хлорид иондарының жоғары концентрациясында басым болады. Бұл бөлу біршама қарама-қайшы: басқа авторлар  $\text{CuCl}_3$  және  $\text{CuCl}_4$  бар деп болжайды.

Хлорид иондарын қосқанда мыс хлоридінің ерігіштігінің жоғарылауы  $\text{CuCl}_2$ ,  $\text{CuCl}^{2-}_3$  және ақырында  $\text{CuCl}^{3-}_4$  дәйекті түзілуімен түсіндіріледі. Жоғары оттегі потенциалдары мен төмен рН мәндері жағдайында  $\text{Cu}^{2+}$  иондары тұрақты болады. Әдеби деректер және ерітіндідегі өнімдер негізінде, сондай-ақ қатты рентгендік құрылымдық талдау арқылы анықталған шаймалау қалдығы және электролит ерітіндісінде болатын барлық реакциялар электрохимиялық болып табылатынын ескере отырып,  $\text{Cu}_2\text{S} - \text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} - \text{HCl} - \text{O}_2 - \text{H}_2\text{O}$  жүйесіндегі шаймалаудың бірінші сатысындағы реакция келесідей көрсетілуі мүмкін:

Анод реакциясы:



Катод реакциясы:



Жалпы реакция:



Шаймалаудың екінші кезеңіндегі реакция да электрохимиялық болып табылады:

Анод реакциясы:

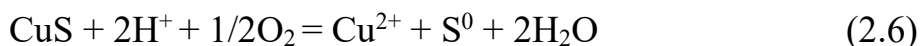


Катод реакциясы:

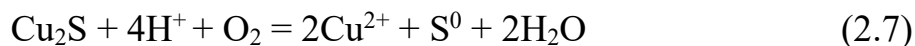




Жалпы реакция:



Бірінші және екінші кезеңдер үшін жалпы реакция жоғарыда аталған реакциялардың туындысы болып табылады:



## 2.2 Жұмысты орындау барысы

Зерттеуде мыс (I) сульфиді қолданылды, оның құрамында 80,42 % Cu және 18,64 % S және тығыздығы 5040 кг/м<sup>3</sup>. Үлгінің меншікті беті  $S_0 = 7481 \text{ м}^2/\text{м}^3$ ,  $S_w = 1385 \text{ м}^2/\text{г}$  болды, мұнда  $S_0$  және  $S_w$  сәйкесінше сыртқы және ішкі кеуектілікке жатады. 99,9 % тазалығы бар гидратталған кальций хлориді қолданылды және 36 % HCl ерітіндісі.

Барлық шаймалау эксперименттері конденсатормен, термометрмен, шыны араластырғышпен, газ беру түтігімен және сынама алу құрылғысымен жабдықталған 1 литрлік шыны реакторда жүргізілді. Бұл құрылғы тығыздықты және тұрақты температурада қыздыруды қамтамасыз етті. Шаймалауды бастамас бұрын  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  және HCl ерітінділері, алдын – ала таңдалған температурада 30 минут бойы оттегімен қанықтырылды, содан кейін қатты сульфид қосылды. Қатты сынама қосылған сәттен бастап реакция уақыты есептелді, ал ерітінді сынамалары тең уақыт аралықтарында химиялық талдау үшін алынды. Шаймаланған мыстың мөлшері классикалық көлемдік әдіспен анықталды.

Келесі параметрлер зерттелді: температура (°C): 55, 60, 65 және 75; араластырғыштың минуттық жылдамдығы (мин<sup>-1</sup>): 200, 400 және 550;  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  және HCl концентрациялары (моль/дм<sup>3</sup>): 0.2, 0.25, 0.5 және 0.75; жалпы хлорид иондарының концентрациясы (моль/дм<sup>3</sup>): 0.25, 0.5, және 0.75; және фазалардың қатынасы (қ:с): 1:2, 1:3 және 1:4. Шаймалау уақыты: 5, 15, 30 және 60 мин болды.

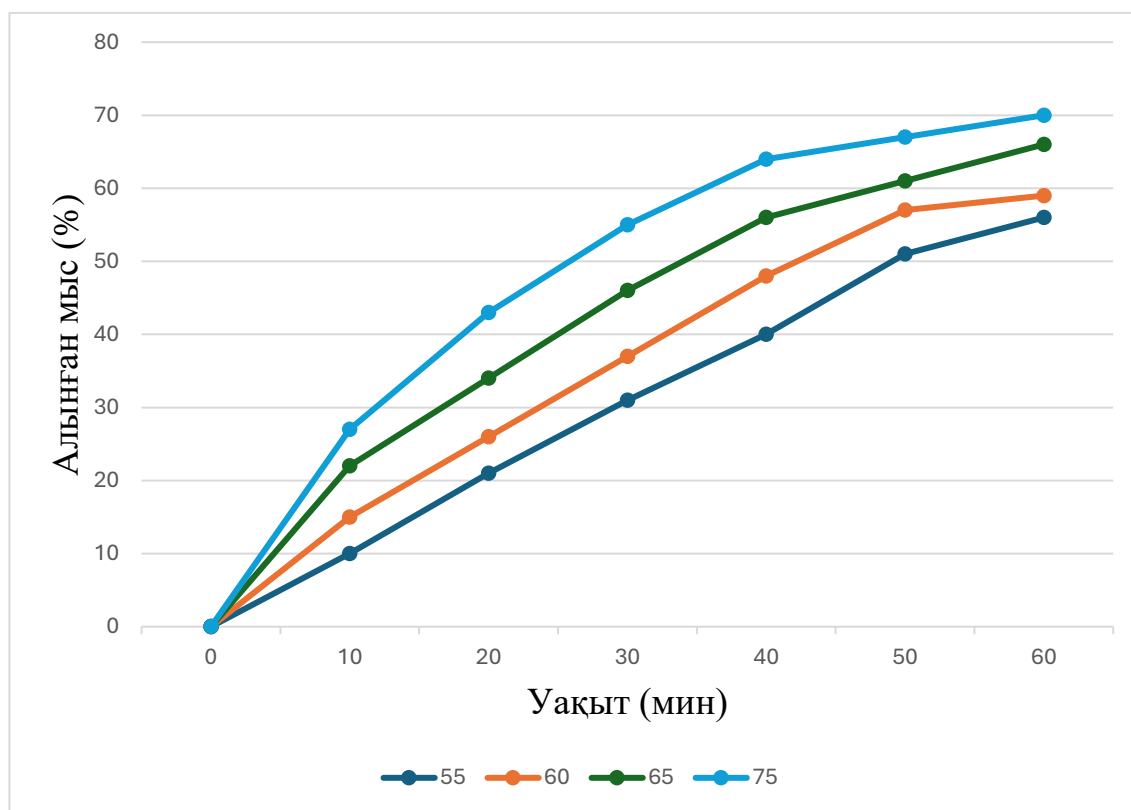
## 2.3 Эксперимент нәтижелерін талқылау

### 2.3.1 Температураға тәуелділік

2.1 - суретте 0,5 М HCl/0.5 М  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  тотыққан қышқыл ерітіндісіндегі Cu (I) сульфидінің шаймалануының температураға тәуелділігі, 400 мин<sup>-1</sup> араластыру жылдамдығында және 1:4 фазалық қатынасында көрсетілген.

Температура шаймалау процесіне қатты әсер етеді. Шаймалау дәрежесінің баяу жоғарылауы 30 минуттан кейін байқалады.

Бұл Cu (I) сульфидінің бөлшектерінің беті қатты реакция өнімдерімен (кальций сульфаты және элементар күкірт) бітеліп қалғандықтан болуы мүмкін, сәйкесінше реакция аймағынан  $Cu_2S$  бөлшектерінің центріне енуді қиындатады. Шаймалаудың максималды дәрежесі  $75\text{ }^\circ\text{C}$  температурада 60 минуттан кейін 70 % Cu болды.

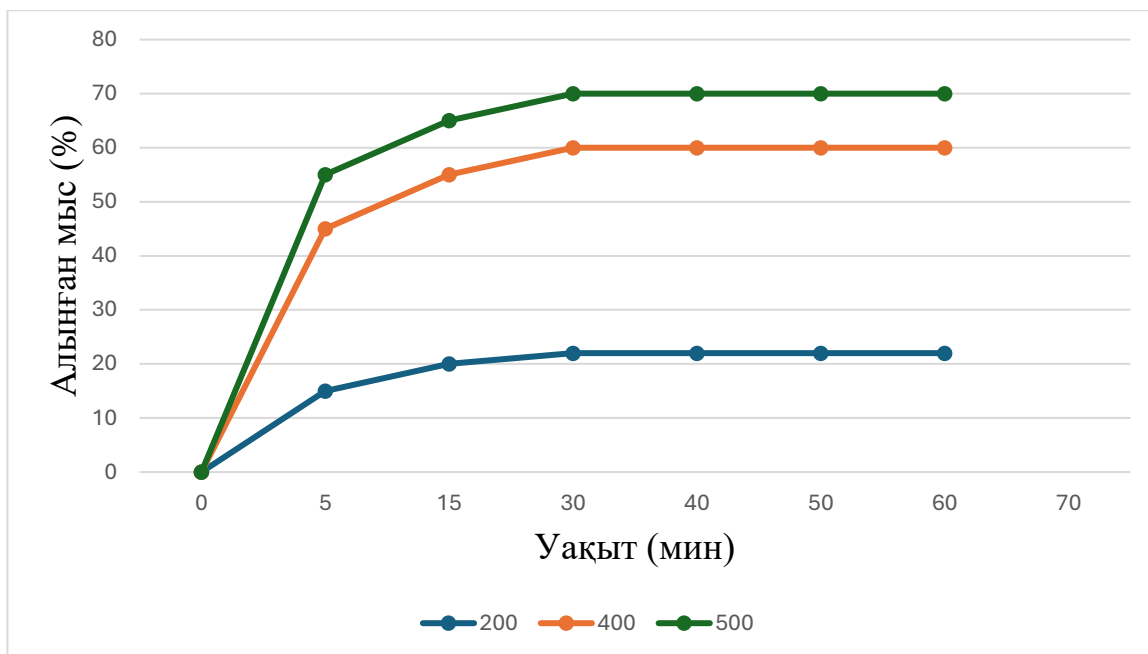


2.1 - сурет – Мыс (I) сульфидін шаймалау кезіндегі температураға тәуелділік

### 2.3.2 Араластыру жылдамдығының әсері

Әр түрлі араластыру жылдамдығындағы мыс сульфидінің сілтілену дәрежесінің өзгеруі 2.2 - суретте көрсетілген, келесі жағдайларда:  $75\text{ }^\circ\text{C}$ , фазалардың қатынасы 1:4 және  $0,5\text{ M CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}/0,5\text{ M HCl}$ .

Шаймалау дәрежесі араластыру жылдамдығының жоғарылауымен жоғарылайды, әсіресе диапазонда 200-ден  $400\text{ мин}^{-1}$  дейін. Араластыру жылдамдығы  $400\text{ мин}^{-1}$  асқанда әсер баяулайды. Қисықтардың пішіні процестің диффузиямен басқарылатындығын көрсетеді, бұл одан әрі кинетикалық талдаумен расталды. Максималды сілтілеу  $75\text{ }^\circ\text{C}$  - де және 15 минуттан кейін 70 % құрайды.

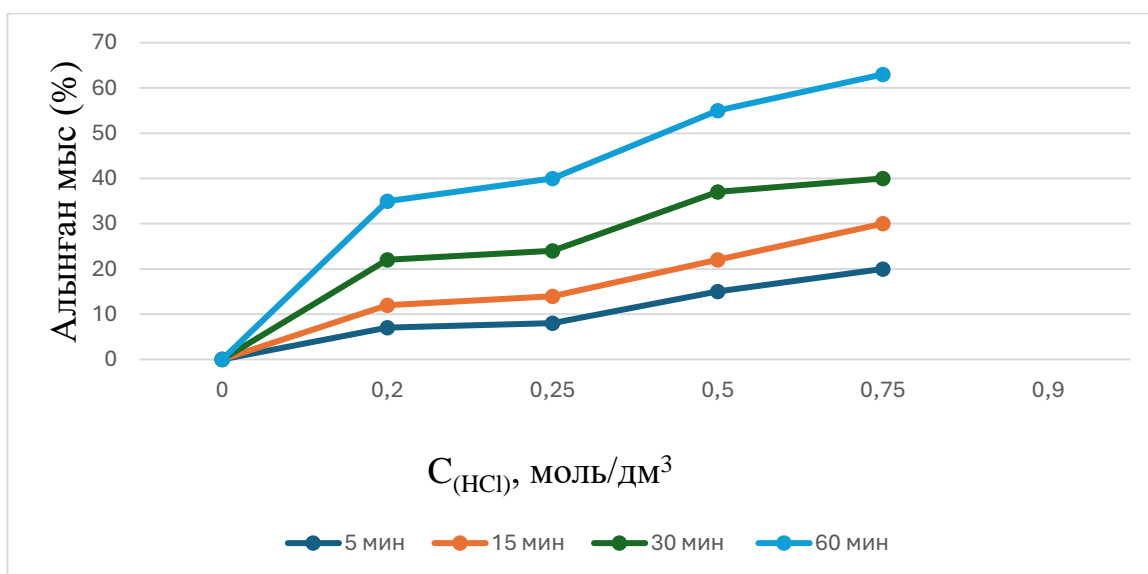


0,5 моль/дм<sup>3</sup> HCl/0,5 моль/дм<sup>3</sup> CaCl<sub>2</sub> · 2H<sub>2</sub>O 75 °C температурада

2.2 - сурет – Араластыру жылдамдығының шаймалауға әсері

### 2.3.3 HCl әсері

2.3 - суретте бастапқы ерітіндінің қышқылдығының өзгеру әсері көрсетілген. Қышқыл концентрациясының 0,2-ден 0,75 М-ге дейін жоғарылауымен реакция жылдамдығы артады. Бұл нәтижелер 75 °C температурада алынды.



2.3 - сурет – 75 °C температурада HCl концентрациясының әсері

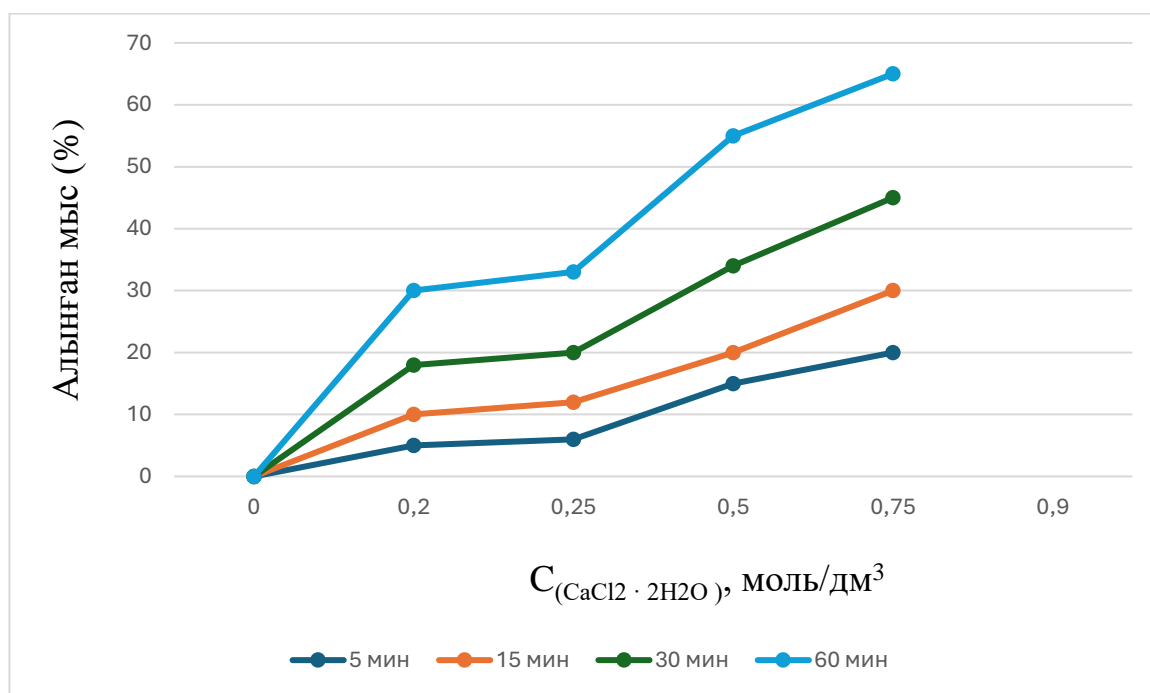
Қышқыл ерітінділерде зиянды  $\text{H}_2\text{S}$  емес, элементар күкірт түзіледі.  $\text{Cu}^{2+}$  иондары қышқыл ерітінділерде де тұрақты, бұл  $\text{Cu}_2\text{S}$  ерігіштігі тұрғысынан маңызды.

Хлорид иондары элементар күкіртті жақсы анықталған кристалдар түрінде бөлуге мүмкіндік беретіні өте маңызды, реакция бетінде кеуекті қабат түзіп, реактивтің бөлшекке одан әрі енуіне мүмкіндік береді.  $\text{HCl}$  концентрациясы  $0,5 \text{ моль/дм}^3$ -ден асқанда шаймалау дәрежесіне әсері аз. Сондықтан келесі эксперименттерде дәл осы концентрация қолданылды.

### 2.3.4 $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ әсері

Реакция жылдамдығы  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  концентрациясының  $0,2$ -ден  $0,75 \text{ М}$  – ге дейін жоғарылауымен артады.  $0,5 \text{ М}$  – ден кейін бұл әсер енді байқалмайды.  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  термодинамикалық рөлі сульфидті минералдар мен сулы ерітінділер арасындағы реакцияны бәсеңдететін оксидтердің пайда болуын болдырмайды.

Бұл сонымен қатар шаймалау реагенттерінің жоғалуына әкелуі мүмкін. Бұл Гуптаның жұмысында расталды, ол  $\text{Cu} - \text{S} - \text{CaCl}_2$  жүйесі үшін  $\text{Eh-pH}$  диаграммасын келтірді, ол мыс оксидінің түзілуіне жол бермейтін, тәжірибеміздегідей қышқыл ерітіндіде  $\text{CaCl}_2$  бар екенін көрсетеді.

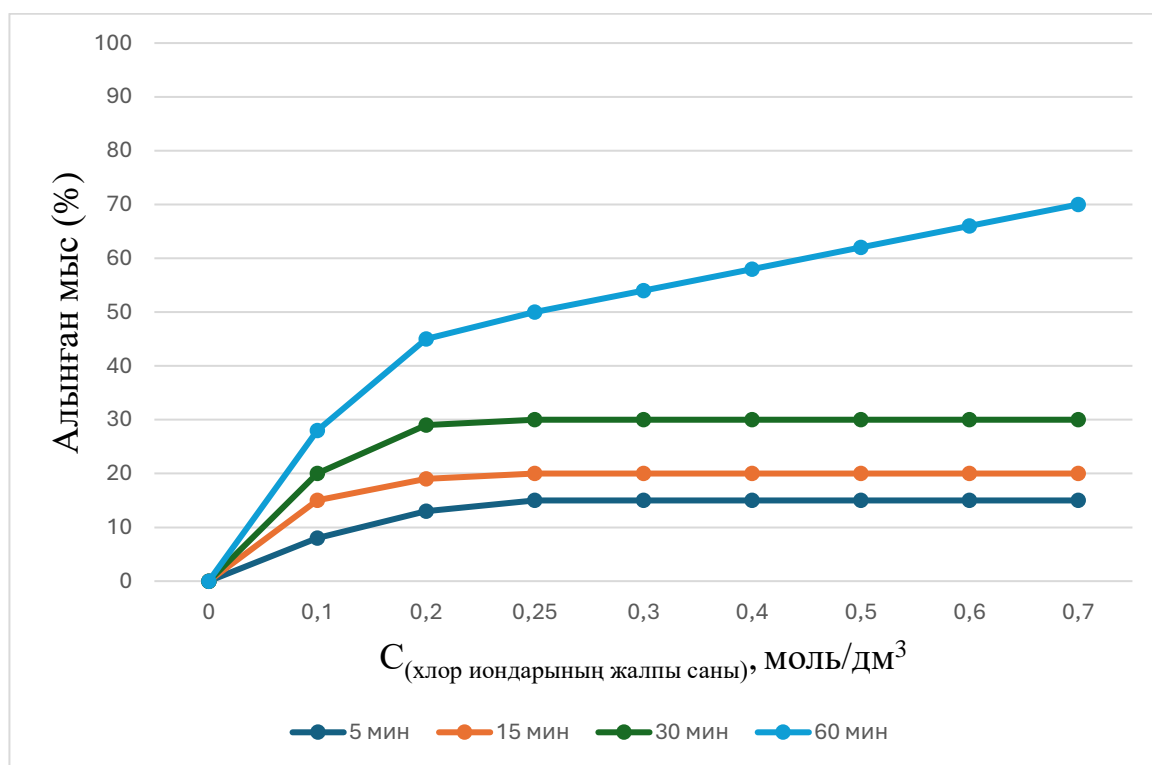


2.4 - сурет –  $75 \text{ }^\circ\text{C}$  температурада  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  концентрациясының әсері

### 2.3.5 Хлорид иондарының жалпы санының әсері (HCl және CaCl<sub>2</sub> · 2H<sub>2</sub>O үшін)

HCl және CaCl<sub>2</sub> · 2H<sub>2</sub>O – ден түзілетін хлорид иондарының хлорлану дәрежесіне әсері 2.5 - суретте көрсетілген. Реакция жылдамдығы хлорид иондарының концентрациясы 0,25 – 0,75 М жоғарылаған сайын артады.

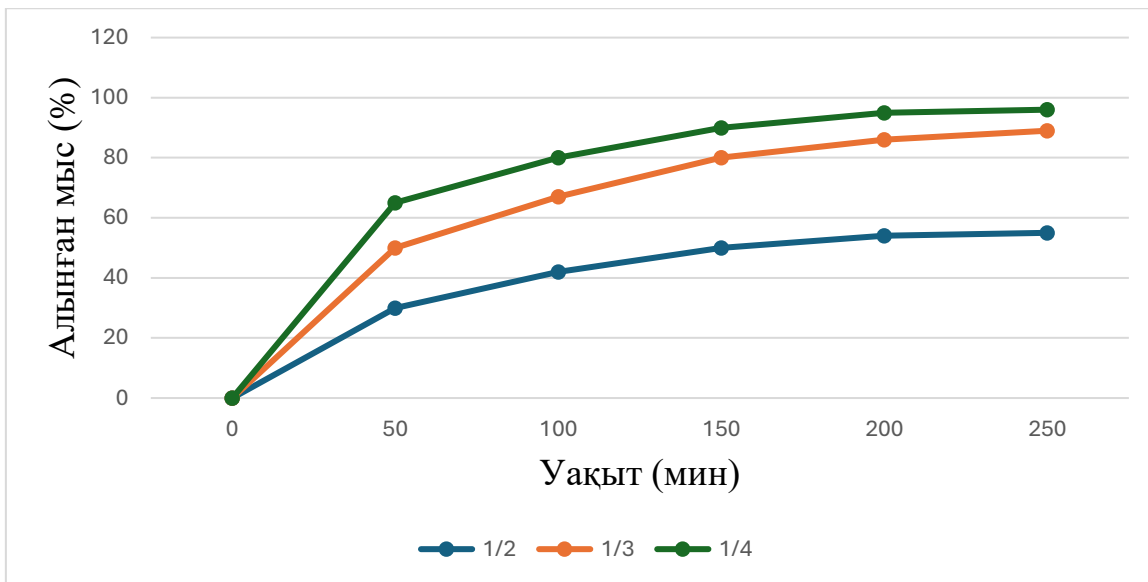
0,5 М HCl/0,5 М CaCl<sub>2</sub> · 2H<sub>2</sub>O ерітіндісі үшін әсер байқалады, содан кейін ол онша айқын болмайды, өйткені ерітіндіде хлор иондары неғұрлым көп болса, соғұрлым қатты өнімдер түзіледі (рентгендік құрылымды талдауға сәйкес).



2.5 - сурет – 75 °С температурада хлорид иондарының жалпы концентрациясының әсері

### 2.3.6 Қатты және сұйық қатынасының әсері

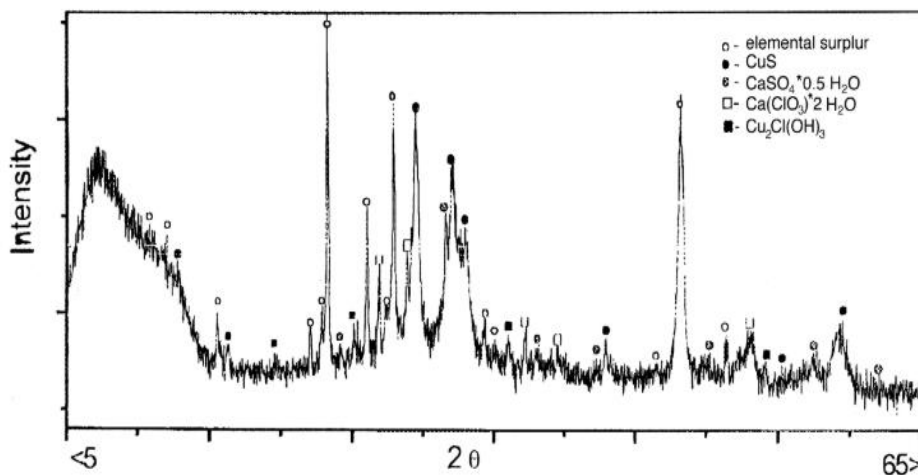
Қатты-сұйық қатынасының мыстың шаймалау дәрежесіне тәуелділігі 2.6 - суретте көрсетілген, Қ/С қатынасы неғұрлым жоғары болса, ерітіндідегі мыс мөлшері соғұрлым көп болады, 5 – тен 15 % – ға дейін, әсіресе шаймалау уақыты қысқарған кезде.



2.6 - сурет – Қатты және сұйық қатынасының әсері

### 2.3.7 Рентгендік құрылымды талдау және аналитикалық микроскоппен талдау

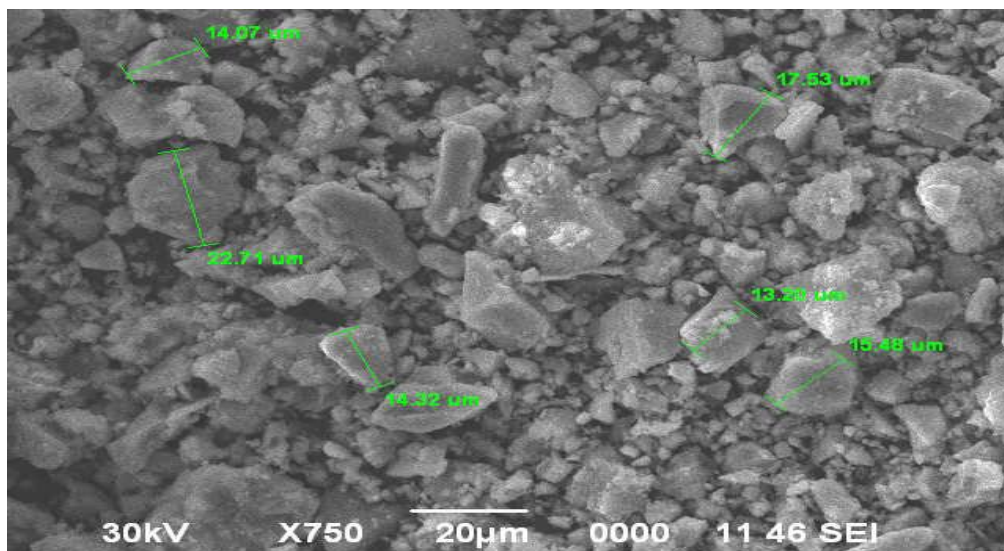
75 °С, 400 мин<sup>-1</sup>, оттегі ағыны 0,6 л/мин, CaCl<sub>2</sub> · 2H<sub>2</sub>O және HCl концентрациясы 0,5 моль/дм<sup>3</sup> және 60 мин кезінде алынған қатты қалдықтың рентгендік құрылымдық талдауы, өнімдерді және олардың шаймалау кезінде пайда болатын пішінін, атап айтқанда процесс механизміне жауап беретін күкіртті зерттеу үшін жүргізілді. Бұл жақсы қалыптасқан күкірт кристалдарының болуын анықтады.



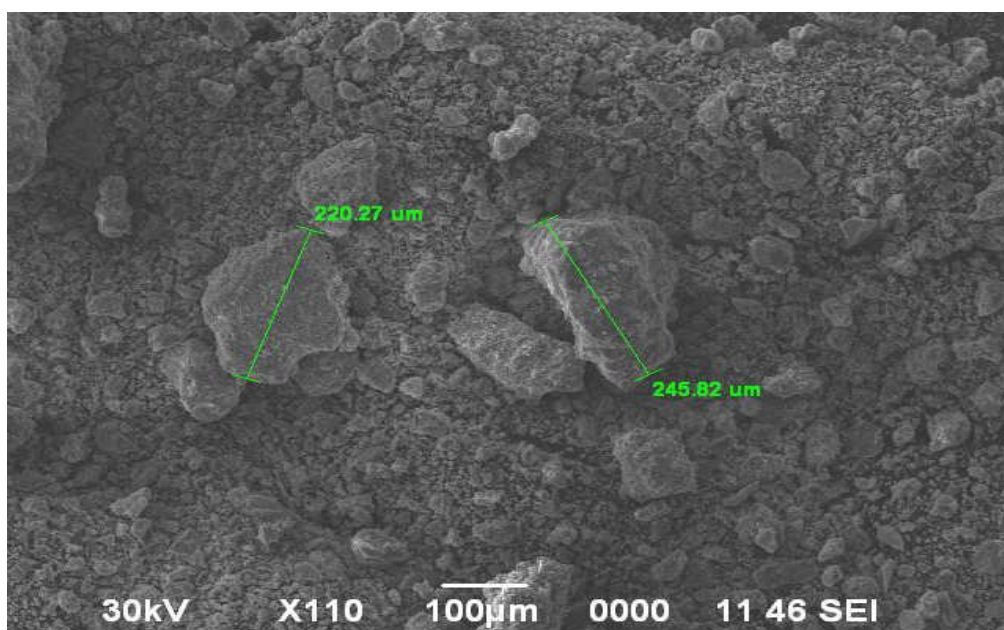
0,5 моль/дм<sup>3</sup> HCl/0,5 моль/дм<sup>3</sup> CaCl<sub>2</sub> · 2H<sub>2</sub>O ерітіндісінде, араластыру жылдамдығы 400 мин<sup>-1</sup>

2.7 - сурет – 75°С температурада шаймалағаннан кейін қатты қалдықтың рентгенографиясы

Күкірттен басқа қатты қалдық мыналардан тұрады:  $\text{CaSO}_4 \cdot 0.5\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Ca}(\text{ClO}_3) \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  және  $\text{Cu}_2\text{Cl}(\text{OH})_3$ . Бұл өнімдер реакция бетінде қатты қабат түзеді, өйткені олардың молярлық көлемі бастапқы реагенттің молярлық көлемінен үлкен ( $\text{Cu}_2\text{S}$ ), бұл шаймалау реагенттерінің ішіндегі диффузияны қиындатады.



2.8 - сурет – Мыс сульфидінің аналитикалық микроскоппен 750 есе үлкейтілген сұлбасы



2.9 - сурет – Мыс сульфидінің аналитикалық микроскоппен 110 есе үлкейтілген сұлбасы

Мыс сульфидінің үлгісі сканерлеуші электронды микроскоптың көмегімен зерттелді. Суреттер 100 нм ажыратымдылықпен алынды.

Микрографтарда түйіршіктердің микроқұрылымдары айқын көрінеді. Үлгінің беті тегіс емес және біркелкі емес, көрінетін ақаулар мен жарықтар жоқ.

Масштабты кескіндер мыс сульфидінің бүкіл үлгі аймағында әртүрлі қалыңдығы бар екенін көрсетеді. Делимация немесе қабыршақтану белгілері жоқ, табанымен (подложка) жақсы байланыс бар. Микроқұрылымдар диаметрі әртүрлі, бүкіл бетіне әркелкі таралған түйіршік түрінде болады.

Жалпы алғанда, нәтижелер мыс сульфидінің жоғары сапасы мен әркелкілігін көрсетеді, бұл оны металлургияда және басқа салаларда қолдануға жарамды етеді.



### 3 Экономикалық бөлім

Дипломдық жұмыстың осы бөлімінде жүргізілген зерттеулердің экономикалық шығындары есептелген, оның ішінде:

- электр энергиясының шығыны;
- реактивтерге кеткен шығындар;
- жалпы шығындар бөлімі.

Кесте 3.1 – Электр энергиясының шығыны

Қондырғы аты	Қуаты, кВт · сағ	Жұмыс сағат саны	Вт/сағаттағы мөлшері	Шығыны, тг 1 кВт = 23,16
Аналитикалық тааразы	0,05	0,5	0,025	0,579
Араластырғыш	0,013	52	0,676	15,65
Вакуум – насос	1,2	3,0	3,6	83,37
pH – метр	0,3	0,5	0,15	3,474
Барлығы	1,563	56	4,451	103,073

Кесте 3.2 – Реактивтер шығыны

Реактив	Қолданылған массасы, гр	Реактив бағасы, кг/тг	Шығыны, тг
FeCl <sub>3</sub>	600	3360	2016
HCl	400	1084	433,6
Барлығы	1000	4444	2449,6

Кесте 3.3 – Жалпы шығындар саны

Жалпы шығындар	Шығын саны, тг	Салмақтық үлесі, %
Электр энергия шығыны	103,073	4,04
Реактивтер шығыны	2449,6	95,96
Барлығы	2552,673	100

#### 4 Қауіпсіздік және еңбек қорғау бөлімі

Дипломдық жұмыс Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ Ұлттық Техникалық Зерттеу Университтінің. Metallургия және өнеркәсіптік инженерия Институтының «Metallургиялық процестер, жылу техникасы және арнайы материалдар технологиясы» кафедрасындағы зертханада жүргізілді. (ГМК, каб. 302). Зерттеулерді орындау барысында Қазақстан Республикасы Еңбек кодексінің және қауіпсіздік техникасы мен еңбекті қорғау жөніндегі нормативтік базаның талаптары сақталды [20].

Жұмыс жүргізілген зертхана барлық қауіпсіздік талаптарына жауап берді, зертханада ағынды – сору желдеткіші бар, күндізгі жарықтандыру 4 үлкен терезенің болуы есебінен, кешке – 12 люминисцентті шамдардың көмегімен қамтамасыз етіледі, олардың саны зерттеу жүргізу үшін жеткілікті. Жабдық жарамды күйде және өзінің функционалдық мақсаты бойынша дипломдық жұмыс тақырыбы бойынша зерттеулерге сәйкес келеді.

Осы диплом тақырыбы бойынша эксперименттік жұмыстарды орындау үшін жұмыстарға жеке қорғаныс құралдары пайдаланылды: жұмысшыны химиялық реактивтердің киімі мен теріге түсуінен қорғауды қамтамасыз ету үшін мақта-мата халат, қол терісін қорғауға арналған резеңке қолғаптар, су ерітінділерінің сынамаларын алуға арналған груша мен пипеткалар, қыздырылған заттармен жұмыс істеуге арналған қысқыштар, көзді кездейсоқ шашырау мен шаңнан қорғауға арналған көзілдіріктер [18].

Зерттеу жұмысын жүргізу кезінде негізгі реагенттер ретінде гидратталған кальций хлориді және концентрленген тұз қышқылы қолданылды. ГОСТ 450-77 бойынша гидратталған кальций хлориді адам өміріне және қоршаған ортаға қауіптілік көрсетпейді. Ұсынылады: жұмыстан кейін қолыңызды мұқият жуу. Жұмыс киімдерін, қорғаныс қолғаптарын және көзілдіріктерді пайдалану. Төтенше жағдайларды жою шаралары: теріге тиген кезде барлық ластанған киімдерді дереу шешіп тастау, терінің ластанған жерлерін сумен шайу.

Концентрленген тұз қышқылы - ГОСТ 30333-2007 бойынша бірінші (1а) қауіптілік классына жататын өте қауіпті зат болып табылады [40]. Ол қоршаған ортаға тигізетін әсері металдардың коррозиясын тудыруы мүмкін. Ал теріге және көзге тиген кезде химиялық күйік тудырады. Адам ағзасына тигізетін әсері жоғарғы тыныс жолдарының тітіркенуін тудыруы.

Органикалық химияда қолданылатын көптеген заттар белгілі бір дәрежеде жанғыш немесе улы немесе бір уақытта екеуі де бола алады. Сондықтан зертханада жұмыс істеу кезінде эксперименттің қандай түріне қарамастан қауіпсіздік техникасының негізгі ережелерін қатаң сақтау қажет. Зертханада жалғыз жұмыс істеуге қатаң тыйым салынады, өйткені төтенше жағдайда зардап шеккен адамға алғашқы көмек көрсететін және сәтсіз эксперименттің салдарын жоятын ешкім болмайды. Сіз тек бөлінген уақытта оқытушының немесе басқа қызметкерлердің бақылауымен жұмыс істеуіңіз керек.

Тыныштықты, тазалықты және тәртіпті сақтау қажет. Жұмыста асығыс және ұқыпсыздық көбінесе жазатайым оқиғаларға әкеледі. Жұмыс барысында

сізді ешкім алаңдатпау қажет және сіз ешкімді алаңдатпау қажетсіз. Зертханалық үстелде бөгде заттарды (сөмкелер, оқулықтар және т.б.) ұстауға тыйым салынады.

Тамақты қабылдауға және сақтауға, арақ ішуге және темекі шегуге қатаң тыйым салынады.

Әрбір адам жеке қорғану құралдарының, дәрі қобдишасының, өрт сөндіруге арналған құралдардың қайда екенін білуі тиіс. Көзілдіріктен басқа, зертханада қорғаныс маскалары, респираторлар және газ маскалары болуы керек. Барлық зертханаларда оңай қолжетімді жерлерде өрт сөндіруге арналған құралдар (күм мен қалақ салынған жәшіктер, өрт сөндіргіштер, өртке қарсы көрпелер), сондай-ақ алғашқы медициналық көмек көрсету үшін қажетті барлық дәрі-дәрмектермен (бор қышқылы, натрий гидрокарбонаты, калий перманганаты, танин, аммиак ерітінділері, сондай-ақ мақта, дәке, йод тұнбалары, белсендірілген көмір, күйікке арналған жақпа, көзді жууға арналған шыны ыдыс) жабдықталған алғашқы медициналық көмек қобдишалары болады.

1) Зертханада мақта-мата халаттыңыз толығымен түймеленген болу қажет. Бұл жеке қорғауды қамтамасыз етеді және киімнің ластануын болдырмайды.

2) Жұмысқа кірісуге болады егер барлық техника меңгеріліп, орындалса. Егер сіз эксперимент жүргізу техникасына немесе қауіпсіздік техникасына күмәндансаңыз, жұмысты жалғастырмас бұрын оқытушымен кеңесіңіз.

3) Ластанған ыдыста тәжірибе жүргізбеңіз. Ыдыс-аяқтарды эксперимент аяқталғаннан кейін дереу жуу керек.

4) Химиялық заттардың дәмін татуға қатаң тыйым салынады. Затты абайлап, кемені бетке жақындатпай, тек қолдың жеңіл қозғалысымен бу немесе газды өзіне бағыттап, толық дем алуға болмайды. Сұйық органикалық заттар мен олардың ерітінділерін ауызбен тамшуырға салуға тыйым салынады, ол үшін резеңке алмұрт пен басқа құрылғыларды пайдалану қажет.

5) Жұмыс барысында заттардың теріге түспеуін қамтамасыз ету керек, өйткені олардың көпшілігі теріні және шырышты қабықтарды тітіркендіреді және күйдіреді.

6) Заттар сақталатын барлық банкалар тиісті атаулары бар жапсырмалармен жабдықталуы керек.

7) Реактивтерді бетке жақын қыздыруға, араластыруға және шайқауға тыйым салынады. Қыздыру кезінде түтікті немесе колбаны өзіңізге немесе жұмыс істейтін жолдасыңызға қарай тесікпен ұстауға болмайды.

8) Қорғаныс көзілдірігін келесі жағдайларда қолдану қажет:

а) күйдіргіш заттармен жұмыс істеу кезінде (қышқылдар мен сілтілердің концентрацияланған ерітінділерімен, қатты сілтіні ұсақтау кезінде және т. б.);

б) қысым төмендеген кезде сұйықтықтарды айдау және вакуумаспаптармен жұмыс істеу кезінде;

в) сілтілік металдармен жұмыс істеу кезінде;

г) концентрацияланған күкірт қышқылы бар аспапта заттың балқу температурасын анықтау кезінде;

д) ампулалармен жұмыс істеу және шыны капиллярларды дайындау кезінде.

9) Раковинаға қышқылдар мен сілтілердің қалдықтарын, жанғыш және жарылғыш заттарды, сондай-ақ қатты иісті заттарды құюға тыйым салынады. Бұл заттарды сыртқа тарату шкафында ағызу үшін қақпақтары және тиісті заттаңбалары ("қышқылдарды ағызу", "сілтілерді ағызу", "органиканы ағызу") тығыз кептелген арнайы ыдыстар болуы тиіс.

10) Раковинаға сынған ыдыстан шыны, қағаз және мақта лақтыруға рұқсат етілмейді.

11) Жұмысты аяқтағаннан кейін газды, суды, сорғыш шкафтарды және электр қуатын өшіру керек.

## ҚОРЫТЫНДЫ

Дипломдық жұмысты қорытындылай келсек, жұмыстың мақсатты ретінде бекітілген – мыстың сульфидтік минералдарын хлоридті ерітінділермен шаймалау процесі зерттелді. Зерттеу жұмыстары барысында шаймалау процесіне әсер ететін - процестің температурасы, процесс ұзақтығы, мысты ерітіндіге өткізуге Қ:С фазаларының қатынасы қарастырылды.

Нәтижесінде осы факторлардың ең тиімді жағдайлары анықталды. Атап айтқанда:

1) Талдау барысындағы шаймалау процесінің тиімді уақыты ретінде бір сағат таңдалды, таңдалған уақыт аралығында мыстың ерітіндіге өту дәрежесі 70 % құрады;

2) Температура көрсеткіштері бойынша дәл осы көрсеткіш температураның 75 °С кезінде алынды;

3) Сульфидті мысты шаймалауға шығындалатын хлоридті ерітіндінің шығыны стехиометриядан 100 % мөлшерінде және Қ:С фазаларының қатынасы 1:4 кезінде керекті көрсеткіштер алынды.

Мыс сульфидін хлорид ерітінділерімен шаймалау гидрометаллургия өнеркәсібінде маңызды және тиімді процесс болып табылады. Сульфидті кендерді өңдеудің бұл әдісі мысты кен шикізатынан тиімді түрде алуға мүмкіндік береді, тіпті егер ол төмен концентрацияда болса немесе қол жетпейтін геологиялық түзілімдерде болса да.

Мыс сульфидін хлорид ерітінділерімен шаймалаудың артықшылығы оның мыс сульфидтерін салыстырмалы түрде төмен температурада еріту және металды алудың жоғары тиімділігін қамтамасыз ету қабілеті болып табылады. Бұл әдісті әр түрлі кендермен, соның ішінде мыс мөлшері аз немесе құрамында күрделі минералды қосылыстары бар кендермен жұмыс істеуге бейімдеуге болады.

Алайда, мыс сульфидін хлорид ерітінділерімен шаймалау кейбір кемшіліктерге ие болуы мүмкін және белгілі бір экологиялық және технологиялық проблемаларды тудыруы мүмкін, мысалы, процесте пайда болған қалдықтарды өңдеу және жұмыс ортасының қауіпсіздігі мен тұрақтылығын қамтамасыз ету қажеттілігі.

Жалпы алғанда, мыс сульфидін хлорид ерітінділерімен шаймалау мыс өндірудің маңызды және перспективалы әдісі болып табылады, ол оның тиімділігін, экономикалық орындылығын және экологиялық тұрақтылығын жақсарту үшін қосымша зерттеулер мен әзірлемелерді қажет етеді.

## ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Ванюков А. В., Уткин Н. И. комплексная переработка медного и никелевого сырья. М.: Metallurgy, 1988. - 130 б.
- 2 Досмұхамедов Н.Қ., Даулетбақов Т.С.. Қазақстан мыс өндірісінің даму стратегиясы. – Алматы. DPS баспасы. 2010. – 276 б.
- 3 Цветные металлы: оқу. оқу құралы / Л. С. Кохан, А. Г. Навроцкий. – М.: Metallurgy, 1985. – 312 б.
- 4 Клушин Д. Н., применение кислорода в цветной металлургии / Д. Н. Клушин, Серебренникова Э. Я., Бессер А. Д., – М.: Metallurgy, 1978. – 180 б.
- 5 Тарасов А. В. және Уткин Н. И. Общая Metallurgy. – М.: Metallurgy 1997–132 б.
- 6 Технологические задачи в металлургии цветных металлов / Гудима Н. В., Карасев Ю. А., Кистяковский Б. Б. және т. б. - М.: Metallurgy, 1977. – 255 б.
- 7 Худяков И.Ф., Клейн С.Э., Агеев Н. Г. Metallurgy меди, никеля, сопутствующих элементов и проектирование цехов. - М.: Metallurgy, 1993–510 б
- 8 Автогенная плавка медных концентратов во взвешенном состоянии / Купряков Ю.П. - М.: Metallurgy, 1979. – 230 б.
- 9 Синев Л.А..Плавка сульфидных концентратов во взвешенном состоянии / Синев Л. А., Борбат В. Ф., Козюра А. И., - М.: Metallurgy, 1979. – 152 б.
- 10 Старк С.Б., Газоочистные аппараты и установки в металлургическом производстве / Старк С. Б., - М.: Metallurgy, 1990. – 397 б.
- 11 Metallurgy вторичных тяжелых цветных металлов/ Худяков И. Ф., Дорошкевич А. П., Клейн С. Э. - М.: Metallurgy, 1981. - 280 б.
- 12 Снурников А.П. Комплексное использование минеральных ресурсов в цветной металлургии. - М.: Metallurgy, 1986. - 384 б.
- 13 Способ извлечения меди из кислых водных растворов и пульп экстракцией / Ласкорин Б.Н., Ульянов В.С., Кузнецов В.А., Свиридова Р.А., Акимова И.Д., Игнатъев М.М.: ғылыми жинақ. Мәлімделді 1972.; Жарияланды 1974.-19 б.
- 14 Способ извлечения меди. / Лицис Я.К.: ғылыми жинақ. Мәлімделді 1972.; Жарияланды 1981.-236 б.
- 15 Способ выщелачивания медных руд / Лукамская Г.А., Пилецкий В.М., Терещенко Ф. Н.: ғылыми жинақ. Мәлімделді 1984.; Жарияланды 1985.- 234 б.
- 16 Алтаев Ш. А., Скрипченко Л.Н., Спатаев А.Н Кучное выщелачивание меди- из некондиционных руд / // Малоотходные технологии переработки полиметаллического сырья: ғылыми жинақ. еңбектер. - Өскемен, 1989. – 9 б.
- 17 "Еңбек қауіпсіздігі және еңбекті қорғау туралы" 2004 жылғы 28 ақпандағы ҚР Заңы // Сайттағы электрондық нұсқа <http://www.government.kz/>.
- 18 "Қазақстан Республикасындағы еңбек туралы" 1999 жылғы 10 желтоқсандағы ҚР Заңы // Сайттағы электрондық нұсқа <http://www.government.kz/>.

19 "Қауіпті өндірістік объектілердегі өнеркәсіптік қауіпсіздік туралы" Заң  
03 сәуір 2002 ж. // Сайттағы электрондық нұсқасы <http://www.government.kz/>.

20 "Өрт қауіпсіздігі туралы" 2008 жылғы 26 мамырдағы Заң // Сайттағы  
электрондық нұсқа <http://www.government.kz/>.