

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРҒЫ 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

Серикулов Нұрхан Мұратұлы

Карбонаттық кендерден мырышты селективті шаймалау процесін зерттеу

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

6B07203 – Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту

Алматы 2023

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРҒЫ 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



ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

МПЖЖАМТ кафедра меңгерушісі қауымд. проф.,
Ph.D, тех. ғыл. канд,

Т.А. Чепуштанова
Чепуштанова Т.А.
« 09 » 06 2023 ж.

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: Карбонаттық кендерден мырышты селективті шаймалау процесін зерттеу

6B07203 – Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту

Орындаған

Серикулов Н.М.

Рецензент

«ҚР МШҚҚӨ ҰО» РМК филиалы «Қазмеханобр» Мемлекеттік өнеркәсіптік экология ғылыми-өндірістік бірлестігі. Асыл металдар лабораториясының аға ғылыми қызметкері, PhD»

Б.Н. Химбаев
Химбаев Б.Н.
2023 ж.

Ғылыми жетекші

PhD, қауымдастырылған профессор

Ө.С. Байгенженов
Байгенженов Ө.С.

« _____ » _____ 2023 ж.



Алматы 2023

АЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРҒЫ 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

6В07203 – Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту



БЕКІТЕМІН

МПЖЖАМТ кафедра меңгерушісі
қауымд. проф., Ph.D., техн.ғыл. канд.

Чепуштанова Т.А.

2022 ж.

**Дипломдық жұмысты орындауға арналған
ТАПСЫРМА**

Білім алушы Серикулов Нұрхан Мұратұлы

Тақырыбы: Карбонаттық кендерден мырышты селективті шаймалау процесін зерттеу

Университет Ректорының 2022 жылғы " 23 " қараша № 408–П/Ө бұйрығымен бекітілген

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі: «12» маусым 2023 ж.

Дипломдық жұмыстың бастапқы деректері: *Тиосульфат негізіндегі ерітінділер көмегімен алтынды шаймалау процесін зерттеу*

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

- а) карбонатты кендерден мырышты шаймалау технологияларына әдеби шолу;
- б) зерттелетін өнеркәсіптік өнімнің химиялық құрамы мен рентгендік құрылымын талдау;
- в) мырышты шаймалау әдістерінің сипаттамасы және қолданылатын реагенттердің сипаттамалары;
- г) мырыш өнімін кейіннен күкірт қышқылымен шаймалау арқылы сульфаттандыратын күйдіру технологиясын және селективті шаймалау процесін зерттеу;
- д) жұмыстың экономикалық тиімділігі мен жұмысқа кеткен шығындарды есептеу;

ж) жұмыс істеу кезіндегі қауіпсіздік қорғау бөлімін қарастыру;

Графикалық материалдар тізімі (міндетті сызбаларды дәл көрсете отырып)




жұмыс презентациясы слайдтарда 14 көрсетілген.

Ұсынылатын негізгі әдебиеттер: 41 атаулардан тұрады

Дипломдық жұмысты (жобаны) дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлімдердің атауы, зерттеп дайындалатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге ұсыну мерзімдері	Ескерту
Аналитикалық бөлім	20.02.2023ж	
Тәжірибелік бөлім	14.04.2023ж	
Экономикалық бөлім	26.04.2023ж	
Еңбекті қорғау	16.05.2023ж	
Қорытынды	23.05.2023ж	
Норма бақылау	08.06.2023ж	


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 бөлімі	Ө.С. Байгенженов PhD, қауымдастырылған профессор	17.04.2023	
Еңбекті қорғау бөлімі	Ө.С. Байгенженов PhD, қауымдастырылған профессор	15.05.2023	
Норма бақылаушы	С.С. Коныратбекова Т.Ғ.К., аға оқытушы	13.06.2023	

Ғылыми жетекші

 Байгенженов Ө.С.

Білім алушы тапсырманы орындауға алды

 Серикұлов Н.М.

Күні

"25" мамыр 2022 ж.

АҢДАТПА

Дипломдық жұмыс компьютермен терілген, 51 беттен, 4 бөлімнен, 8 суреттен, 13 кестеден тұрады. Оның ішінде тапсырма, кіріспе, мырышты селективті шаймалаудың аналитикалық шолуы, тәжірибелік бөлімі, экономикалық бөлімі, қауіпсіздік және еңбек қорғау бөлімі, қорытынды және пайдаланылған әдебиеттер тізімі келтірілген. Пайдаланылған әдебиеттер тізімі 41 аталымнан тұрады.

Дипломдық жұмыстың мақсаты – карбонатты кендерден мырышты селективті шаймалау процесін зерттеу.

Зерттелетін нысан: карбонаттық кендерден селективті мырышты бөлу әдістері және процесстері.

Бұл дипломдық жоба карбонатты кендерден мырыштың селективті шаймалануын зерттейді. Бұл процесс кеннен мырыш алудың ең тиімді және үнемді әдістерінің бірі болып табылады. Ол тотығу, шаймалау, сүзу және т. б. әртүрлі химиялық реакциялар мен процесстерді қолдануға негізделген. Зерттеуде химиялық талдау, физикалық тестілеу және математикалық модельдеу сияқты әртүрлі әдістер қолданылады. Зерттеу нәтижелерін өнеркәсіпте карбонатты кендерден мырыш алудың технологиялық процесстерін оңтайландыру және өндіріс тиімділігін арттыру үшін пайдаланылған.

Түйінді сөздер: карбонаттық мырыш кендері, селективті шаймалау, Гиббс энергиясы және сульфидті шикізаттар.

АННОТАЦИЯ

Дипломная работа набрана компьютером, состоит из 51 страницы, 4 разделов, 8 рисунков, 13 таблиц. Среди них задание, введение, аналитический обзор селективного выщелачивания цинка, практический раздел, экономический раздел, отдел безопасности и охраны труда, заключение и список использованной литературы. Список использованной литературы состоит из 41 наименования.

Целью дипломной работы является исследование процесса селективного выщелачивания цинка из карбонатных руд.

Исследуемый объект: методы и процессы селективного отделения цинка от карбонатных руд.

Этот дипломный проект исследует селективное выщелачивание цинка из карбонатных руд. Этот процесс является одним из наиболее эффективных и экономичных способов извлечения цинка из руды. Он основан на использовании различных химических реакций и процессов окисления, выщелачивания, фильтрации и т. д. В исследовании используются различные методы, такие как химический анализ, физическое тестирование и математическое моделирование. Результаты исследования были использованы в промышленности для оптимизации технологических процессов получения цинка из карбонатных руд и повышения эффективности производства.

Ключевые слова: карбонатные цинковые руды, селективное выщелачивание, энергия Гиббса и сульфидное сырье.

ANNOTATION

The thesis is typed by a computer, consists of 51 pages, 4 Sections, 8 figures, 13 tables. These include the assignment, introduction, analytical review of selective leaching of zinc, the experimental part, the economic part, the safety and labor protection section, the conclusion and the list of references. The list of references consists of 41 titles.

The purpose of the thesis is to study the process of selective leaching of zinc from carbonate ores.

The studied form: methods and processes of selective zinc separation from carbonate ores.

This graduation project studies the selective leaching of zinc from carbonate ores. This process is one of the most efficient and economical ways to extract zinc from ore. It is based on the use of various chemical reactions and processes such as oxidation, leaching, filtration, etc. The study uses various methods such as chemical analysis, physical testing and mathematical modeling. The results of the study were used in industry to optimize the technological processes of obtaining zinc from carbonate ores and increase production efficiency.

Keywords: carbonate zinc ores, selective leaching, Gibbs energy and sulfide raw materials.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	3
1 Карбонатты кендерден мырышты шаймалау технологиялары бойынша әдеби көздерді талдау	5
1.1 Мырыштың химиялық қасиеттері	5
1.2 Карбонатты мырыш кендерінің негізгі түрлерін, шаймалаудың әдістері және технологияларын талдау	9
1.3 Карбонатты кендерден мырыш өнімін шаймалаудың үдерістік-технологиялық схемасы	13
2 Мырыш өнеркәсіптік өнімді шаймалау және оның химиялық құрамы	16
2.1 Зерттелетін өнеркәсіптік өнімнің химиялық құрамы мен рентгендік құрылымын талдау	18
2.2 Мырыш өнімін шаймалау процесінің термодинамикасы	25
2.3 Мырышты шаймалау әдістерінің сипаттамасы және қолданылатын реагенттердің сипаттамалары	27
2.4 Мырыш өнеркәсіптік қалдықтарын азот қышқылымен шаймалау және эксперименттерді жүргізу	32
3 Мырышты селективті шаймалау процесінің қоршаған ортаға әсерін және оның экономикалық факторлық әсерлерін анықтау	35
4 Қауіпсіздік және еңбек қорғау бөлімі	39
Қорытынды	42
Қолданылған әдебиеттер тізімі	43

КІРІСПЕ

Өзектілігі. Мырыш карбонатты кендері мырыш өндірісі үшін ең көп таралған және маңызды шикізаттың бірі болып табылады. Алайда, карбонатты кендерден мырыш алу процесі өте күрделі және ресурстарды қажет етеді. Карбонатты кендерден мырышты шаймалаудың бірнеше әдістері бар, олардың бірі-селективті шаймалау.

Карбонатты кендерден мырышты селективті шаймалау - бұл қышқылдарды қолдана отырып, кеннен алынған мырыш қалған массадан мырыш сульфаты ретінде шаймаланатын процесс болып саналады. Бұл процесс рН, температура, уақыт және қышқыл концентрациясын мұқият бақылауды қажет етеді.

Бұл дипломдық жоба карбонатты кендерден мырыштың селективті шаймалануын зерттейді. Бұл процесс кеннен мырыш алудың ең тиімді және үнемді әдістерінің бірі болып табылады. Ол тотығу, шаймалау, сүзу және т. б. әртүрлі химиялық реакциялар мен процестерді қолдануға негізделген.

Зерттеуде химиялық талдау, физикалық тестілеу және математикалық модельдеу сияқты әртүрлі әдістер қолданылады. Зерттеу нәтижелерін өнеркәсіпте карбонатты кендерден мырыш алудың технологиялық процестерін оңтайландыру және өндіріс тиімділігін арттыру үшін пайдалануға болады.

Жалпы, карбонатты кендерден мырышты селективті шаймалау процесін зерттеу өнеркәсіпте қолдану үшін үлкен әлеуетке ие және мырыш пен басқа металдарды өндірудің жаңа технологияларын құруға негіз бола алады. Осы саладағы қосымша зерттеулер өндірістік процестердің жақсаруына және қоршаған ортаға әсердің төмендеуіне алып келуі мүмкін.

Бұл дипломдық жобаның мақсаты карбонатты кендерден мырышты селективті шаймалау процесін зерттеу болып табылады.

Болашақ зерттеулер үшін келесі міндеттерді орындау керек болады:

– Әр түрлі технологиялық параметрлердің мырышты шаймалау тиімділігіне әсерін одан әрі зерттеу. Атап айтқанда, реагент концентрациясының, температураның, реакция уақытының және қысымның процестің тиімділігіне әсері зерттелуі мүмкін;

– мырышты селективті шаймалау үшін кендердің басқа түрлерін пайдалану мүмкіндігін зерттеу;

– мырыштың тиімділігі мен экономикалық тиімділігін арттыру үшін селективті шаймалау процесін оңтайландыру мүмкіндігін зерттеу;

– металл өндіру үшін алынған мырыш оксидін пайдалану мүмкіндігін зерттеу;

– карбонатты кендерден мырыштың селективті шаймалауының қоршаған ортаға әсерін және оның теріс әсерін азайту үшін процесті оңтайландыру мүмкіндігін зерттеу.

Бұл зерттеудің мақсаты карбонаттық кендерден мырышты селективті шаймалау процесін зерттеу болып табылады.

"Карбонатты кендерден мырышты селективті шаймалау процесін зерттеу" дипломының аясында келесі зерттеу әдістері қолданылды:

– Әдеби дереккөздерді талдау. Карбонатты кендерден мырышты шаймалау технологиялары мен осы кендердің қасиеттеріне қатысты ғылыми мақалалар, монографиялар, патенттер және басқа басылымдар зерттелді.

– химиялық талдау. Мырыш пен басқа металдардың құрамын анықтау үшін карбонатты кендердің үлгілерінде химиялық талдаулар жүргізілді. Талдаулар индуктивті байланысқан плазмалық спектр анализаторында (ICP) жүргізілді.

– зертханалық тәжірибелер. Карбонатты кендерден мырышты селективті шаймалау процесін зерттеу үшін бірқатар зертханалық тәжірибелер жүргізілді. Тәжірибелер әртүрлі жағдайларда шыны реакторларда жүргізілді (температура, реагенттердің концентрациясы, реакция уақыты және т.б.).

– алынған деректерді талдау. Ерітіндідегі мырыштың мөлшері, мырыштың шаймалау жылдамдығы, мырыштың алыну дәрежесі және басқа көрсеткіштер туралы мәліметтер талданды.

– шаймалау процесін модельдеу. Карбонатты кендерден мырышты шаймалау процесінің математикалық моделі жасалды, бұл процесс параметрлерінің өзгеруіне байланысты мырыштың алыну дәрежесін болжауға мүмкіндік берді.

– экономикалық талдау. Жабдықтың, реагенттердің, тасымалдаудың, энергия шығынының және басқа шығындардың құнын бағалауды қамтитын әзірленген технологияны пайдалана отырып, карбонатты кендерден мырышты шаймалау процесіне экономикалық талдау жүргізілді.

Барлық эксперименттер зертханада арнайы жабдықтар мен құралдарды қолдана отырып жүргізіледі. Эксперименттердің нәтижелері өңделеді және талданады, бұл мырышты шаймалау процесінің оңтайлы параметрлерін анықтауға және карбонатты кендерден мырыш алу технологиясын жасауға мүмкіндік береді.

Сонымен қатар, карбонатты кендерден мырыш өндірудің экономикалық тиімділігі мәселелері қарастырылады, мысалы, өндіріс шығындары, нарықтық баға, өндіріс көлемі және т.б. қарастырылады. Бұл жобаның әлеуетті кірістілігін бағалауға және экономикалық көрсеткіштерді жақсарту мүмкіндіктерін анықтауға мүмкіндік береді.

Зерттеу нәтижелерін қолданыстағы кәсіпорындарда мырыш өндірісін оңтайландыру үшін, сондай-ақ ұлттық экономиканың бәсекеге қабілеттілігін арттыратын жаңа салаларды құру үшін пайдалануға болады.

1 Карбонатты кендерден мырышты шаймалау технологиялары бойынша әдеби көздерді талдау

1.1 Мырыштың химиялық қасиеттері

Мырыш (Zn) атомдық нөмірі 30 болатын химиялық элемент және элементтердің периодтық жүйесіндегі мырыш тобына жатады. Бұл электр мен жылуды жақсы өткізетін жұмсақ, жылтыр, күмістей ақ металл болып келеді [5].

Мырыш жер қыртысынан өндірілетін құрамында мырыш бар кендерден өндіріледі. Ең көп таралған мырыш кендері: сфалерит (ZnS), смитсонит (ZnFeS), гангерит (ZnCO₃), халькоцит (ZnCuS) және франклинит ((Zn,Fe)₂O₃) [5].

Қатты мырыштың тығыздығы 7,14 г/см³, ал сұйық мырыштың тығыздығы 6,7 г/см³. Бұл металдың балқу температурасы 419,4 °C-қа жетеді, ал қайнау 906 °C температурада жүреді [6].

Зерттелген және расталған мырыштың әлемдік қоры бүгінде 350 миллион тоннадан асады және бұл металл 70-тен астам елде кездеседі. Мырышқа сұраныстың артуымен бұл металдың қорлары оның қажеттілігін 40 жылдан астам уақыт бойы қамтамасыз ете алады. Мырыш кендерінің ең ірі қорларын Ресей, Австралия, қазақстан, Канада және Қытай сияқты елдерде табуға болады.

Қытай, Канада және Австралия мырыштың ең ірі өндірушілері, сондай-ақ осы металдың негізгі экспорттаушылары болып табылады. Сонымен қатар, АҚШ, Тайвань және Германия мырыштың ең ірі импорттаушылары болып табылады.

Әлемде Қытай, АҚШ, Жапония, Германия, Ұлыбритания, Франция, Бельгия, Канада, Италия және Үндістан сияқты мырыштың бірнеше ірі тұтынушылары бар. Қытай мырыштың ең ірі тұтынушысы болып табылады, жылына 1,3 миллионнан 1,4 миллион тоннаға дейін пайдаланады. АҚШ пен Жапония, Қытайға сәйкесінше 1,1-1,3 және 0,7-0,8 миллион тонна қажеттілікпен келеді. Германия, Ұлыбритания, Франция, Бельгия, Канада, Италия және Үндістан сияқты басқа елдер жылына 0,1-ден 0,24 миллион тоннаға дейін мырыш пайдаланады [6].

Кендерден мырыш алу процесі бірнеше кезеңді қамтиды. Кен алдымен мырыш пен басқа да бағалы металдарды алу үшін өңделеді. Содан кейін мырыш рудадан қуыру немесе балқыту арқылы алынады. Қуыру ең көп тараған әдіс және мырыш оксиді (ZnO) түзу үшін кенді оттегінің қатысуымен қыздыруды қамтиды. Содан кейін мырыш оксиді көміртекпен немесе басқа заттармен тотықсыздану арқылы металдық мырышқа айналады.

Мырыш алынғаннан кейін оны тазартып, қажетті пішін мен сапаны алу үшін одан әрі өңдеуге болады. Мырыш әртүрлі пішіндерде, соның ішінде пластиналар, таяқшалар, ұнтақ және т.б.

Мырыш металлургияда, оның ішінде құйма және прокат өндірісінде, сондай-ақ құбырлар, сымдар, кілттер және басқалар сияқты әртүрлі металл бұйымдарын өндіруде кеңінен қолданылады. Сонымен қатар, мырыш әртүрлі қорытпаларды, соның ішінде жез бен қоланы өндіруде қолданылады.

Кендерден мырыш өндіру айтарлықтай энергия шығындарын талап етеді және қоршаған ортаның ластануына алып келуі мүмкін. Сондықтан соңғы кезде қоршаған ортаға зиянды әсерді зайтып, өндіріс тиімділігін арттыратын жаңа технологиялар пайда болды.

Кесте 1.1 – Мырыштың қасиет мәнінің параметрлері [5]

Параметр атауы	Қасиеттің түрі	Мәндері
Жіктелуі	Strunz (8-ші басылым)	1/A.04-10
	Nickel-Strunz (10-шы басылым)	1.AB.05
	Dana (7-ші басылым)	1.1.8.1
	Dana (8-ші басылым)	1.1.5.1
	Hey`s CIM Ref	1.8
Физикалық қасиеттері	Минералды түсі	ақ металл
	Жолақ түсі	ақ және сәл сұр түсті
	Ашықтығы	Ашық емес
	Қаттылығы	2
	Сыңғыштығы	қырлы
	Тығыздығы	6.9 – 7.2 г/см ³
	Радиоактивтілігі	0
	Магниттілігі	диамагнитті
Оптикалық қасиеттері	Плеохроизм	плеохролық емес
	Люминесценция	флуоресцентті емес
Кристаллографиялық қасиеттері	Нүктелік тобы	6 / ммм (6 / м ² / м ² / м) - екібұрышты дипирамидалық
	Кеңістіктік тобы	R ₆ /mmc
	Сингония	алтыбұрышты
	Ұяшық параметрі	a = 2.665Å, c = 4.947Å

Температураға байланысты мырыш әртүрлі қасиеттерді көрсете алады. Суық мырыш нәзік және илектеуге болмайды. Алайда, 100-150 °С дейін қыздырғанда, ол иілгіш және иілгіш болып, қалыңдығы миллиметрдің жүзден бір бөлігін құрайтын жұқа парақтарды алуға мүмкіндік береді. Бірақ температура 250 °С-тан асқанда, мырыш соншалықты сынғыш болады, ол шаңға айналуы мүмкін [5].

Мырыш сонымен қатар 500 °С температурада жасыл-көк жалынмен жанып, ZnO мырыш оксидінің ақ ұнтағын құрайтын қызықты қасиетке ие. Сонымен қатар, мырыш ауаның оттегімен, су буымен және көмірқышқыл газымен тотығуға қабілетті.

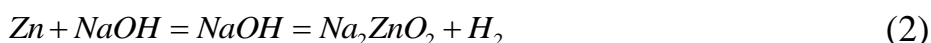
Мырыштың балқу энтальпиясы 6,18 кДж/моль, ал булану энтальпиясы 122,0 кДж/моль. Бұл металл да өте құбылмалы.

Бөлме температурасында құрғақ ауада мырыш әсер етпейді, бірақ ылғалды ауа металды тотықтырып, $ZnCO_3 \cdot 3Zn(OH)_2$ құрамы бар бетінде сұрғылт түсті жұқа қабықша түзе алады. Бұл пленка үлкен тығыздыққа ие және металл ішіндегі тотығу процесінің одан әрі дамуына жол бермейді.

Мырыш сұйылтылған қышқылдарда да ериді, сутегі бөлінеді. Мырыштың стандартты электродтық потенциалы - 0,763 в құрайды. [6]



Шаймалаумен мырышпен әрекеттескенде ерітіндіде еритін мырыштар түзіледі [6]:



Ауыр түсті металдардың ішінде мырыш ең электронегативті болып табылады, бұл реакция кезінде оларды ерітіндіден шығаруға мүмкіндік береді [6].



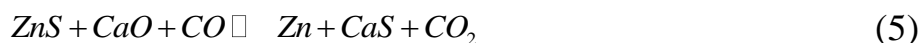
Мұндағы Me – Cu, Ni, Co, Pb, Sn. Мырыштың электртеріс қасиеті мырыш ерітінділерін электролизге дейін цементтеу арқылы тазарту процесінде маңызды рөл атқарады. Металлургияда мырыш сульфиді, мырыш оксиді (силикаттар мен ферриттерде бос және байланысқан) және мырыш сульфаты сияқты мырыштың химиялық қосылыстары маңызды болып табылады.

Табиғи түрде ZnS минералы ретінде кездесетін мырыш сульфиді сфалерит немесе сирек вюрцит ретінде белгілі. Қалыпты қысымда мырыш сульфидінің екі модификациясы да балқымайды және өте жоғары температурада (1200-1300 °C) ғана сублимациялануы мүмкін.

Сфалеритті мырыш металына айналдыру процесі 1167 °C температурада жүреді және 1250 °C температурада толығымен аяқталады [6].



Сонымен қатар, қалпына келтіру атмосферасында CaO қатысуымен бұл процесте маңызды рөл атқаратын реакция мүмкін [5].



Демек, дистилляцияға арналған шихтада металл темірдің немесе CaO болуы мырышты алуға оң әсер етеді. Себебі мырыш сульфиді мырыш концентратының тотығу күйдіруінде өзгеріссіз қалады және оны шихтадан алуға болады. Күкірт және тұз қышқылдарының әлсіз және суық ерітінділері мырыш

сульфидін ерітпейді, бірақ оны азот қышқылы мен ыстық концентрацияланған қышқыл ерітінділерімен ыдыратуға болады.

Сонымен қатар, мырыш сульфиді Cu_2S , FeS және PbS сияқты басқа металдардың сульфидтерімен қорытпалар түзе алады, бұл металлургиялық балқыту процесінде мырыштың бір бөлігінің штейнге өтуіне алып келеді.

750 °С-тан жоғары температурада мырыш сульфиді ауада тотығады, температураға байланысты сульфат немесе оксид түзеді. Осылайша, мырышты айдау үшін металл темірді немесе CaO -ны қолдану мырыштан мырыш алуды арттырудың тиімді әдісі болуы мүмкін.

Қыздыру кезінде фазалық өзгерістерге ұшырамайтын және тығыздығы $5,65 \text{ г/см}^3$ болатын мырыш оксиді (ZnO) айтарлықтай қызығушылық тудырады. 1000 °С температурада оның булануы басталады, ал 1 300-1 400 °С жеткенде ол толығымен буланып кетеді. Алайда ZnO күкірт қышқылының сұйылтылған ерітінділерінде сәтті ериді, бұл мырыштың тиісті реакция бойынша ерітіндіге ауысуымен бірге жүреді [5].



Бұдан басқа, мырышты жоғары температурада және CO айтарлықтай концентрациясында сутегі, көміртегі және CO көміртегі оксиді арқылы металға дейін төмендетуге болады.



Мырыш оксиді сонымен қатар $Fe_2O_3 - xZnO \cdot Fe_2O_3$ -пен бірге ферриттер түзеді, ал ферриттердің қарқынды түзілуі 650 °С-тан жоғары температурада жүреді. құрамында мырыш оксиді көп болатын ферриттер 1000 °С-тан жоғары температурада түзіледі.

Мырыш оксиді сонымен қатар кремний қышқылы бар $ZnO \cdot SiO_2$ силикаттарын түзеді, олар жоғары температурада ериді, ал глиноземмен ол балқымайтын мырыш шпинелін ($ZnO \cdot Al_2O_3$) құрайды, одан пирометаллургиялық процесті қалыпты жүргізу кезінде мырышты қалпына келтіру мүмкін емес. Мырыш шпинелі күкірт қышқылының әлсіз және суық ерітінділерімен де ыдырамайды.

Мырыш сульфаты ($ZnSO_4$), өз кезегінде, тығыздығы $3,74 \text{ г/см}^3$ және балқу температурасы 740 °С. Ол суда жақсы ериді, ал 750 °С-тан жоғары қызған кезде диссоциацияланады [6].



Тотықсыздану атмосферасы мырыш сульфатының ($ZnSO_4$) жоғары температурада мырыш сульфидіне (ZnS) айналуына және тиісті тотықсыздандырғыштардың болуына ықпал етеді. Смитсонит ($ZnCO_3$), 140 °С

дейін қызған кезде, көмірқышқыл газын (CO₂) шығару арқылы диссоциациялана бастайды.



Жоғары температурада – 300 °С– CO₂ бөлінуі бір сағат ішінде аяқталады. 700 °С-тан жоғары қызған кезде мырыш сульфатының диссоциациясы (ZnSO₄) жүреді. Осылайша, мырыш пен оның қосылыстары әртүрлі физикалық және химиялық процестерге ұшырауы мүмкін, бұл оларды әртүрлі салаларда қолдануға кең мүмкіндіктер ашады.

1.2 Карбонатты мырыш кендерінің негізгі түрлерін, шаймалаудың әдістері және технологияларын талдау

Карбонатты кендерден мырыш өндіру – құрамында смитсонит, гидроцинкит, цинкит және т.б. сияқты мырыш карбонаты бар минералдарды алу арқылы жүзеге асырылатын процесс. Бұл процесс кенді ұнтақтау мен байытудан бастап мырыш концентраттарын өңдеу арқылы таза мырыш алуға дейінгі бірнеше қадамдарды қамтиды [9].

Карбонатты кендерден мырыш өндірудің кең таралған әдістерінің бірі- гидрометаллургиялық процесс. Бұл процесте мырыш концентраттарынан мырыш оларды қышқылда еріту арқылы алынады, содан кейін ерітіндіні электролиздеу арқылы таза мырыш тұндырылады.

Карбонатты кендерден алынған мырыш мырышталған болат, құю қорытпалары, батареялар және басқа да өнімдер сияқты әртүрлі салаларда кеңінен қолданылады.

– Карбонатты мырыш кендерінің негізгі түрлеріне мыналар жатады [8]:

– Сидерит (FeCO₃) - құрамында темір бар мырыш карбонаты. Ол сарғыш-қоңыр түсті және әдетте родохрозит және магнезит сияқты басқа мырыш карбонаттарымен бірге кездеседі.

– Родохрозит (MnCO₃) - құрамында марганец бар мырыш карбонаты. Ол қызғылт-қызыл түске ие және көбінесе сидерит және магнезит сияқты басқа мырыш карбонаттарымен бірге кездеседі.

– Смитсонит (ZnCO₃) - қоспасыз мырыш карбонаты. Ол қара түсті және әдетте Галена және сфалерит сияқты басқа мырыш кендерімен бірге кездеседі.

– Хидзонит(Zn₄CO₃ (OH)₆·H₂O) - мырыш бикарбонаты. Ол жасыл-көк түске ие және әдетте сфалерит және Галена сияқты басқа мырыш кендерімен бірге кездеседі.

Мырыш кендерінің бұл түрлері олардың өндірілетін орнына байланысты қасиеттері мен құрамы бойынша әр түрлі болуы мүмкін. Мысалы, сидерит, родохрозит және магнезитте олардың түсі мен сапасына әсер ететін әртүрлі қоспалар болуы мүмкін.

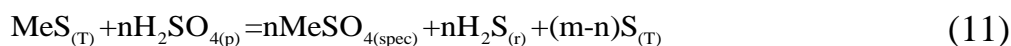
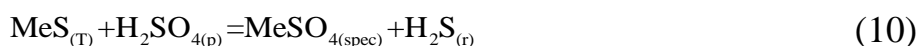
Әдетте, шаймалау әдісін таңдау әр түрлі факторларға байланысты, мысалы, кендердің химиялық құрамы, оның физикалық қасиеттері, шаймалау процесінің мақсаттары, экономикалық факторлар және басқалар. Мырышты шаймалаудың оңтайлы әдісін таңдағанда, осы факторлардың барлығын ескеріп, әр әдістің экономикалық тиімділігіне талдау жасау қажет.

Технологиялық процестерді одан әрі жетілдіру үшін шикізаттың жекелеген компоненттерін алдын-ала белсендірудің әртүрлі әдістерін тиімді үйлестіру принциптері қолданылды. Бұл әдістерге тотығу, хлорлау, сульфаттау және тотықсыздандыру күйдіру түрлерін қолдану, содан кейін оғар мен сублимацияны гидрохимиялық шаймалау жатады [9].

Гидрометаллургиялық әдістер[10]. Бүгінгі күні тотыққан, аралас және арнайы өңделген сульфидті кендер мен концентраттардан металдарды алу үшін қолданылатын гидрометаллургиялық әдістер кең таралған.

Күкірт қышқылын қолдануға негізделген әдістер [10]. Күкірт қышқылы-тотыққан материалдардан металдарды алу үшін қолданылатын ең көп таралған еріткіштердің бірі болып табылады. Атап айтқанда, күкірт қышқылын қолдануға негізделген әдістер осы мақсатта жиі қолданылады.

Күкірт қышқылының сульфидтерге әсер ету процесін келесі реакциялармен сипаттауға болады (10-11) жалпы түрде [11]:



Қатты (сульфид) және сұйық (ерітінді) фазалардың шекарасында реакциялар (12-13) иондық түрінде болуы мүмкін [12]:



Күкірт қышқылы жоғары сульфидтермен әрекеттескенде, әдетте элементар күкірт түзіледі. Осыған байланысты күшті және ыстық (170-180 °C) күкірт қышқылын пайдалана отырып, сульфидті кендер мен концентраттарға қолданылатын металдарды сульфаттандыру әдісі әзірленді [2].

Күкірт қышқылын шаймалауға негізделген технологиялар: Albion технологиясы [10]. Albion технологиясы-материалды өте жұқа ұнтақтауға (8-10 мкм дейін) және оттегімен араластыру және беру реакторларында атмосфералық қысым кезінде тотығу арқылы шаймалауға негізделген металдарды алудың инновациялық әдісі болып табылады. Процестің ұзақтығы 12-24 сағатты құрайды, ал шаймалау күкірт қышқылы ерітінділерінде жүзеге асырылады. Әрі қарай, темірдің негізгі бөлігін бөлу үшін шаймалау целлюлозасы әктаспен бейтараптандырылады. Қышқыл тазартқыш шаймалауға қайтарылады.

Қарапайымдылығымен және басқа металдарды шаймалау әдістеріне қарағанда күрделі шығындарының төмендігімен Albion технологиясы барған сайын танымал бола бастады. Сондай-ақ, сульфидтердің элементар күкіртке дейін тотығуының артықшылығы бар, бұл шаймалау процесінде оттегінің азаюын қамтамасыз етеді.

Activox™ технологиясы. Шаймалау процесін жүргізу үшін минералдарды белсендіру және фазалық бетті ұлғайту үшін материалды шамамен 10 мкм мөлшеріне дейін ұнтақтау керек. Келесі қадам – 100-110 °С температурада және 1000 кПа артық қысымда төмен температуралы қысымды тотығу, бейтараптандыру және стандартты цианизация [3]. Бұл процесс үшін Activox™ технологиясын пайдаланудың бірқатар артықшылықтары бар, соның ішінде аппараттық құралдың қарапайымдылығы мен экономикалық пайдасы ең маңызды элементтердің бірі болып табылады. Сонымен қатар, бұл технология басқа әдістермен салыстырғанда арзанырақ, өйткені ол аз оттегін қажет етеді және техникалық қызмет көрсетудің төмен шығындарын қамтамасыз етеді [28].

Мырыш гидрометаллургиясында кеңінен қолданылатын тағы бір әдіс- темір оксиді сульфатын қолдану. Бұл реагент жоғары тотықтырғыш және еріту қабілетіне ие, бұл оны күкірт қышқылымен салыстырғанда тиімдірек етеді. Темір оксиді сульфатының сульфидтерге әсері реакциялар нәтижесінде пайда болады (14-15) жалпы түрінде.

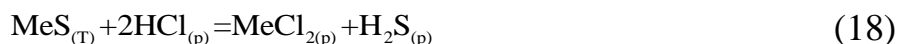


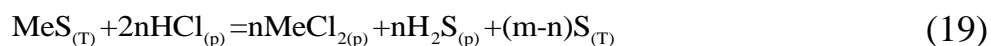
Қатты фазаның (сульфид) және сұйық фазаның (ерітіндінің) шекарасында реакциялар (16-17) иондық түрінде жүреді:



Ferric Leaching технологиясы [10]. Бұл әдіс Fe^{3+} және целлюлозаға қосылған SO_2/O_2 қоспасын қолдана отырып, атмосфералық қысым мен 60-80 °С температурада жүзеге асырылатын шаймалау процесін қамтиды. Реакцияның нәтижесі-сульфидтердің элементтік күкіртке айналуы болып есептеледі [29].

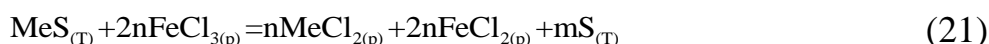
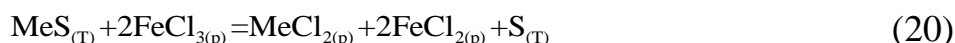
Шаймалаудың тағы бір әдісі күкіртпен салыстырғанда күшті еріткіш болып табылатын тұз қышқылын қолдануға негізделген. Алайда, оның жоғары құны, тасымалдау қиындығы және зияндылығы оны өнеркәсіптік қолдануға кедергі келтіреді. Тұз қышқылындағы сульфидтердің еруі реакциялардың көмегімен мүмкін болады (18-19).





Хлорлы темірді қолдануға негізделген әдістер. Бұл реагентті өнеркәсіптік қолдану оның жоғары коррозиялық белсенділігіне байланысты шектеулі, бұл жабдықтың зақымдалуына алып келеді. Сонымен қатар, цементтеу кезінде металдардың хлоридті жауын-шашыны пайда болады, ал электролиз кезінде хлор бөлінеді, ол анодтарды коррозияға ұшыратады және жұмыс үшін зиянды жағдайлар жасайды.

Темір хлориді мен сульфидтер арасындағы реакция металл хлоридтерінің тұнбасын түзіп, күкіртсутектің келесі теңдеулер бойынша бөлінуімен жүреді (20-21):



Реакциялар (22-23) қатты фаза (сульфид) мен иондық түрдегі сұйық фаза (ерітінді) арасындағы шекарада жүреді.



Бактериялық шаймалау. Bioleaching Технологиясы [10]. Бұл технология мырыш, мыс және басқа концентраттармен жұмыс жасауда өзінің тиімділігін дәлелдеді және бірқатар өнеркәсіптік кәсіпорындарда қолданылады. Концентрат ұнтақталады, содан кейін бастапқы биологиялық шаймалау реакторларының қатарынан тұратын биологиялық тотығу тізбегіне беріледі. Бастапқы реакторлардан келетін тотыққан өнім біріктіріліп, қайталама реакторлар тізбегіне енеді. Температура 40-45 °С деңгейінде реттеледі, процесс атмосфералық қысыммен жүреді. Салқындату және аэрация энергия шығындарының деңгейіне әсер ететін маңызды факторлар болып табылады [30].

GEOCOAT технологиясы [10]. Geocoat технологиясы мыс концентраттарын байытудың классикалық әдістерінен ерекшеленеді, өйткені ол оларды 10-нан 25 мм-ге дейінгі өлшемдер диапазонында тау жынысы немесе сапасыз кен сияқты табиғи негізге жүктеуді қамтамасыз етеді.

Geocoat технологиясының жұмыс жағдайлары 40-50 °С температуралық режимді қабылдайды, ол атмосфералық қысым мен рН мәні 2-ден төмен ауа ағынымен реттеледі. Алайда, бұл технология мыс алудың жоғары тиімділігін қамтамасыз етіп қана қоймайды, сонымен қатар жабдықтың құнын төмендетеді және қоршаған ортаға әсерін азайтады.

Азот қышқылын қолдануға негізделген әдістер [10]. Металлургия саласында азот қышқылын оның жоғары нарықтық құнына, қоршаған ортаға

қауіптілігіне және коррозиялық белсенділігінің жоғарылауына байланысты пайдалану мүмкін. Алайда, процесті аппараттық безендіру үшін заманауи материалдарды қолданудың арқасында жабдықтың коррозиясына байланысты мәселелерді шешуге болады.

1.3 Карбонатты кендерден мырыш өнімін шаймалаудың үдерістік-технологиялық схемасы

Карбонатты кендерді шаймалау – бұл пеште алдын ала тотығусыз мырыш алуға мүмкіндік беретін процесс. Мырыштың жоғары өнімділігіне қол жеткізу үшін процесс оттегінің қатысуымен жоғары температурада жүреді. Бұл процесті жүзеге асырудың бірнеше нұсқалары бар, соның ішінде атмосфералық қысыммен шаймалау және автоклавтардағы жоғары қысыммен шаймалау. Жоғары қысымды процесс қымбат жабдықты және қатаң қауіпсіздік шараларын қажет етсе де, ол тезірек жүреді [11].

Атмосфералық қысыммен тікелей шаймалау процесі дәстүрлі процеске қарағанда көптеген артықшылықтарға ие. Мысалы, ол аз өңдеу кезінде үнемді болуы мүмкін және күрделі шығындары төмен. Сонымен қатар, оны пешке және күкірт қышқылына айтарлықтай инвестиция салмай-ақ аралық қуатты арттыру үшін пайдалануға болады, сонымен қатар пайдалану шығындары азаяды.

Процесс сонымен қатар басқарудың қарапайымдылығымен ерекшеленеді: оны қышқылдық пен темір құрамының мәндерін бақылау арқылы басқаруға болады. Бұл мырыштың жоғары дәрежеде алынуын қамтамасыз ете отырып, темірді кетірудің әртүрлі әдістерін қолдануға мүмкіндік беретін өте икемді процессі болып есептеледі [12].

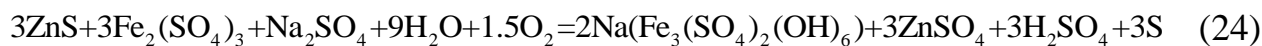
Сонымен қатар, тікелей шаймалау процесі жарылыс қаупін тудырмайды және SO_2 немесе балқытылған күкірт шығарындыларын тудырмайды, бұл оны экологиялық таза етеді.

Бұл шаймалаудың кемшіліктерінде атап өткен жөн. Мысалы, субсидиялар болмаған кезде күкірттің жоғары құны және күйдіру кезінде экзотермиялық реакцияның жылуын кәдеге жаратудың болмауы кәсіпорындар үшін маңызды мәселе болуы мүмкін. Сонымен қатар, қалдық күкіртті алу тікелей шаймалау процестерінің тағы бір маңызды кемшілігі болып табылады, өйткені оны тиісті шлам қоймаларына орналастыру керек.

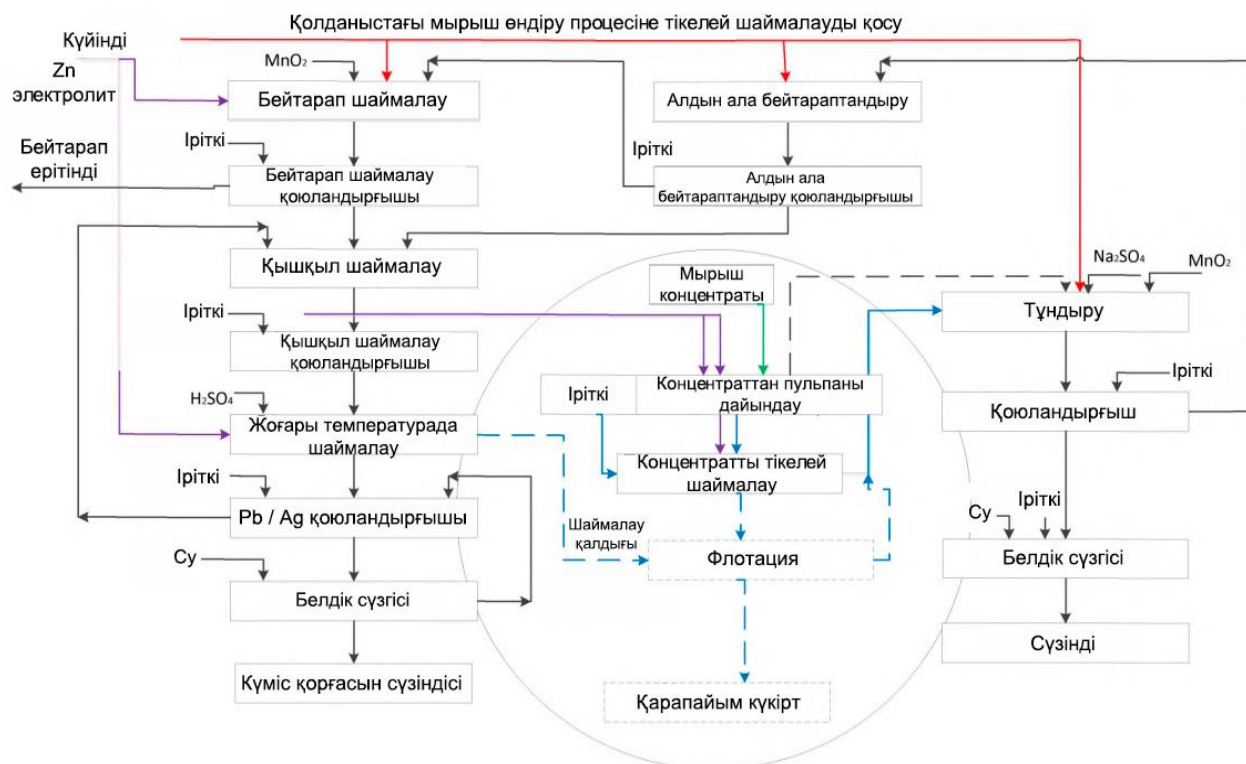
Тікелей шаймалау процестері әрқашан дәстүрлі RLE процесінің ажырамас бөлігі болғанымен, кеннің аз ғана бөлігі тікелей шаймаланады [13]. Әр түрлі елдердегі кейбір кәсіпорындар, мысалы, Финляндиядағы Көккөлдегі (1998 жылдан бастап) және Олдадағы (2004 жылдан бастап) жаңа Болиден зауыттары, сондай-ақ Қытайдағы Жужоу зауыты (2010 жылдан бастап) концентраттың бір бөлігін тікелей күйдіру кезеңсіз шаймалайды [15].

Жоғары сапалы металдарды өндіру үшін заманауи технологияларды қолдану қажет. Бұл жағдайда концентрат пен технологиялық ерітінді реакторларда шаймалау үшін ауаны көпіршіктеу әдісін қолдана отырып

өңделеді. Нәтижесінде концентрат пен технологиялық ерітіндіден еріген темір түрленіп, ярозит түрінде тұнбаға түседі.



Тікелей шаймалау нәтижесінде алынған жеке күкірт құрамында қоспалардың едәуір мөлшері бар және оларды көмуге болады, бұл процесті жергілікті жағдайларға тәуелді етеді. 1 суретте атмосфералық қысыммен тікелей шаймалау арқылы шаймалау процесінің сызбасы көрсетілген.



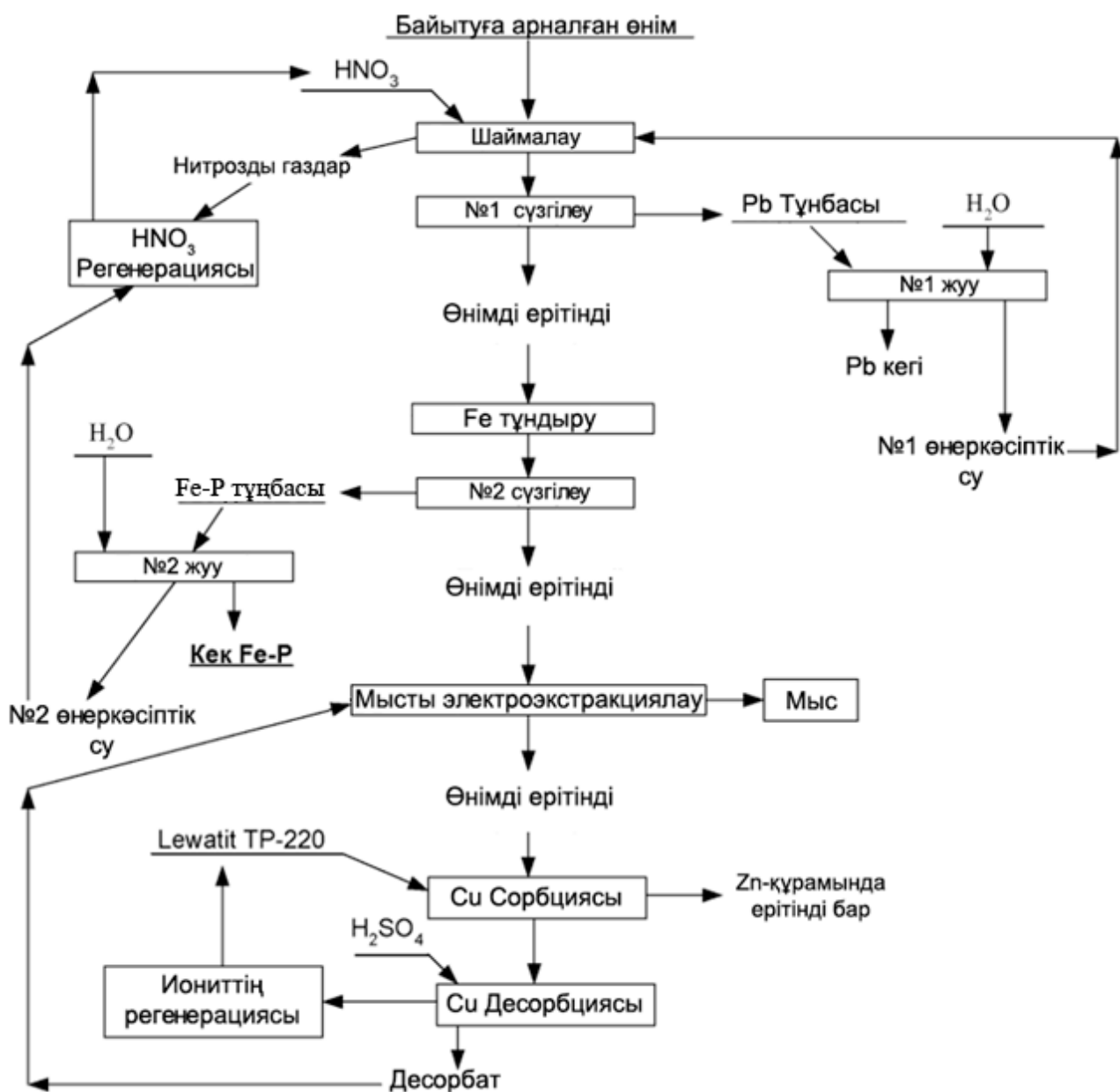
3 - сурет – Атмосфералық қысыммен тікелей шаймалау арқылы шаймалау процесінің схемасы

Бұл процестің толығырақ сипаттамасы жұмыста келтірілген [1].

Нитрилтриметиленфосфон қышқылын комплексонат ретінде қолдана отырып, өнімді ерітіндіден темірді селективті шаймалау жүргізілді. Қышқыл ортада ерімейтін $\text{Fe}_3\text{H}_3(\text{ntrph})_2$ -ден тұратын тұрақты полиядролық протондалған кешендер пайда болды. Металл: лиганд қатынасы темірдің қатты фазаға өту дәрежесіне әсер ететін жалғыз фактор болды және өнімнің 99 % - дан астамы алынған С:Қ = 3:2 кезінде ең толық тұндыруға қол жеткізілді.

Құрамында мырыш бар ерітінді (40 г/дм³ дейін Zn) құрамы бойынша мырыш өндірісінің қалдық электролитімен салыстыруға болады. Оны вельц-сублимацияларды, жұқа шаңдарды, қайталама металдандырылған шикізатты және т.б. шаймалау үшін пайдалануға болады [4].

Қолданылатын технологиялық процесс схемасын 2-суреттен көруге болады.



4 - сурет – Күрделі сульфидті өнеркәсіптік қалдықтарды өңдеуге арналған бірегей технологиялық схемасы

Жүргізілген технологиялық зерттеулердің нәтижелері тәжірибелік-өнеркәсіптік учаскенің техникалық-экономикалық негіздемесі үшін негіз болады, сондай-ақ жылына 10 мың тонна өңделетін шикізаттың өнімділігін қамтамасыз етуге қабілетті қажетті технологиялық жабдықты анықтауға көмектесті.

2 Тәжірибиелік бөлім

2.1 Мырыш өнеркәсіптік өнімді шаймалау және оның химиялық құрамы

2.1.1 Зерттелетін өнеркәсіптік өнімнің химиялық құрамы мен рентгендік құрылымын талдау

Бұл зерттеуде осы жұмыста талданатын күрделі сульфидті шикізатқа назар аудару қажет. Материалдың химиялық құрамы (күрғақ шикізатқа қайта есептелген) 2.1 - кестеде көрсетілген.

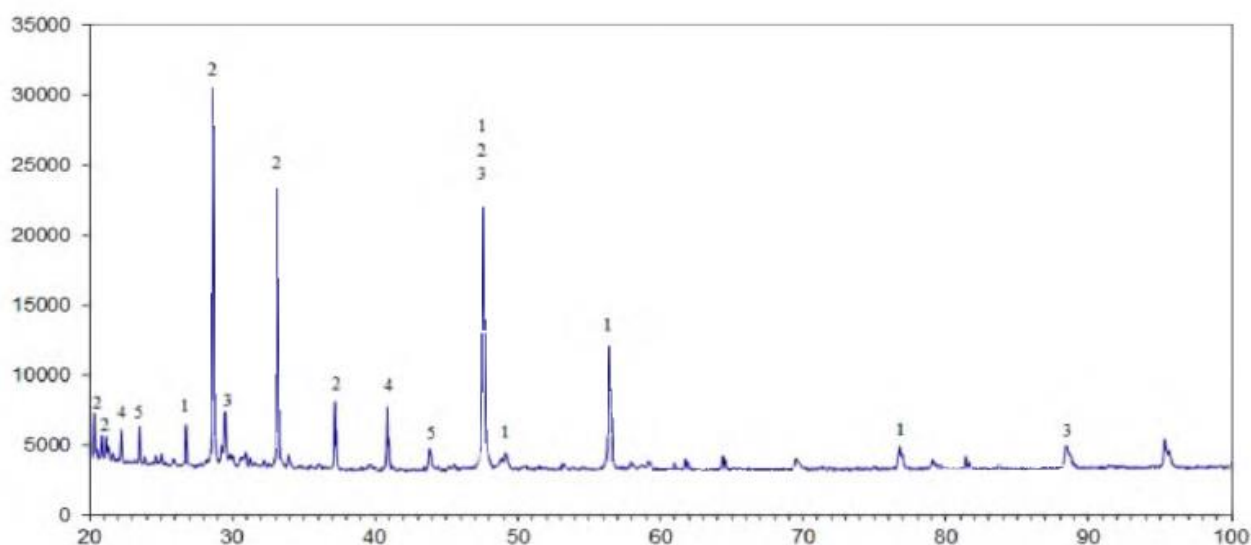
Кесте 2.1 – Зерттеуде ұсынылған объект мырыштың құрамы

Zn	Cu	Pb	Fe	As	S	Ca	Mg	Al	Ag	Au
19,1	3,43	0,089	23,36	0,034	38,97	0,57	0,088	0,15	0,0004	0,0003

2.1 - кестені талдау сульфидті минералдар материалдың негізгі құрамдас бөлігі болып табылады деген қорытынды жасауға мүмкіндік береді. Осыны ескере отырып, зерттелетін материалдың фазалық құрамын анықтау үшін рентгендік фазалық талдауды (РФ) зерттеу қажет.

$$n \times \mu = 2d \times \sin \theta, \quad d = \frac{n \times \mu}{2 \sin \theta} \quad (25)$$

Сульфидті материалдың фазалық құрамының рентгенографиясы 3 суретте көрсетілген.



5 - сурет – Сульфидті өнеркәсіптік өнімнің фазалық құрамын көрсететін рентгенограмма

Жазықтықаралық қашықтықты анықтау үшін Вульф-Брагг формуласы (25) қолданылды, мұндағы n - рентген сәулелерінің шағылысу реті (бірінші тәртіп бойынша), μ - рентген сәулелерінің толқын ұзындығы (мыс анод үшін 1,5406), d - жазықтықаралық қашықтық және θ - рентген сәулелерінің шағылу бұрышы [16].

Сульфидті өнеркәсіптік өнімнің фазалық құрамын көрсететін рентгенограмманың көрсетілгендей бірінші элемент ZnS, екінші элемент FeS₂, үшінші элемент CuFe₂S₃, ал бесінші элемент Cu₈Fe₄S₈. Жазықтық аралық қашықтықты есептеу нәтижелері 3-кестеде келтірілген [18].

Зерттеу көрсеткендей, шикізат құрамындағы минералдардың ішінде сфалерит, вюрцит, пирит, марказит, сондай - ақ мыс - кубанит және борнит, сондай-ақ екінші реттік минералдар-ковеллин ең көп таралған.

Кесте 2.2 – Есептеулер негізінде интерплоскарлық қашықтықтың (d) есептелген мәні

№	$\theta(\text{rad})$	$\theta(\text{grad})$	2θ	I	d
1	0,1822	10,4111	20,8223	5336	4,2514
2	0,1825	10,4290	20,8580	5689	4,2442
3	0,1781	10,1788	20,3576	7383	4,3474
4	0,2057	11,7517	23,5033	6344	3,7721
5	0,2341	13,3782	26,7563	6469	3,3205
6	0,1944	11,1082	22,2164	6089	3,9876
7	0,2582	14,7544	29,5088	7355	3,0167
8	0,2901	16,5775	33,1551	23303	2,6928
9	0,2507	14,3255	28,6509	30477	3,1051
10	0,3577	20,4382	40,8764	7692	2,2003
11	0,3836	21,9217	43,8435	4649	2,0580
12	0,3255	18,5972	37,1945	8021	2,4092
13	0,4299	24,5670	49,1340	4495	1,8481
14	0,4934	28,1954	56,3907	12088	1,6263
15	0,5632	32,1812	64,3623	4191	1,4429
16	0,4165	23,7985	47,5969	21937	1,9042
17	0,7743	44,2458	88,4916	4891	1,1017
18	0,8344	47,6776	95,3551	5403	1,0397
19	0,6082	34,7550	69,5099	3984	1,3481
20	0,6717	38,3833	76,7666	4870	1,2378

"Минералдар мен олардың құрылымдық аналогтары үшін кристаллографиялық және кристаллохимиялық мәліметтер базасын" қолдана отырып, шикізат құрамындағы минералдар талданды [17].

Гиббс энергиясы әртүрлі реагенттер (күкірт қышқылы, азот қышқылы) және сульфидтердің өзара әрекеттесу реакциялары үшін есептелді. Сульфатты күйдіру процесінің термодинамикасы да есептелді және процестің оңтайлы параметрлерін анықтауға көмектесетін басқа термодинамикалық есептеулер жүргізілді.

2.2 Мырыш өнімін шаймалау процесінің термодинамикасы

Мырыш өнімін азот қышқылымен шаймалау технологиясының артықшылықтары мен кемшіліктерін қарастыру осы шикізатты өңдеудің балама әдістерін іздеуге алып келді. Мүмкін болатын нұсқалардың бірі ретінде ұсақ шикізатты алдын-ала сульфаттандыратын күйдіруді, содан кейін күкірт қышқылын шаймалауды қамтитын аралас әдіс қарастырылды. Бұл әдіс заманауи өндірістер үшін тартымды болып көрінеді, өйткені ол аппараттық дизайнда жеңілрек және күкіртті газдарды өңдеуге арналған көп пешті пеш және күкірт қышқылы цехы сияқты қолданыстағы қондырғыларды қолдана отырып жүзеге асырылуы мүмкін.

Мырыш өнеркәсіптік өнімін алдын ала күйдірудің негізгі міндеті темірдің (пириттің) сульфидті түрін сульфатқа, магнетитке, темір (II) және (III) оксидтеріне айналдыру, сондай-ақ күкіртті ішінара жою болып табылады [19].

Әр түрлі күйдіру нұсқаларын мұқият талдағаннан кейін, өнімді өңдеудің оңтайлы алдын-ала сатысы ретінде сульфатты күйдіруді таңдау керек болады. Бұл процесс темір сульфидтерінің сульфаттарға және басқа қосылыстарға айналу реакцияларына негізделген.

Сульфидті концентраттардың жалпы күйдіру реакциясын (26) теңдеуімен көрсетуге болады:



Бұл химиялық реакция экзотермиялық болып табылады және ол қамтамасыз ететін жылу әсерінің арқасында материалдарды тұтану температурасына дейін қыздыру шартымен көптеген жағдайларда автономды түрде жүруі мүмкін.

Алайда, кейде сульфидтің тотығуы кейінгі реакциялар арқылы да жүруі мүмкін (27-28):



Жоғарыда сипатталған барлық реакциялар сульфидтің тотығуының соңғы нәтижесін алуға мүмкіндік береді, бірақ бұл процестің механизмі туралы ақпарат

жоқ. Гиббс энергиясының өзгеруі сульфидтің тотығуының соңғы нәтижесін анықтайтын негізгі фактор болып табылады [20].

Гиббс энергиясы - тұрақты температура мен қысым кезінде жүйенің бос энергиясын анықтайтын термодинамикалық потенциал [21].

Жалпы алғанда, Гиббс энергиясы келесі формуламен өрнектеледі [21]:

$$G=h-T \times S \quad (29)$$

мұндағы G – Гиббс энергиясы;

h – жүйенің энтальпиясы;

T – температура;

S – жүйенің энтропиясы.

Әрі қарай полиметалл сульфидті шикізатты күйдіру кезінде темір қосылыстарының өзара әрекеттесуінің мүмкін реакциялары келтірілген (30-37):



2.4-кестеде HSC Chemistry 6.0 (финдік Outotec компаниясының бағдарламалық құралы) бағдарламалық жасақтамасымен орындалған есептеулердің нәтижелері келтірілген, олар Гиббс энергиясының өзгеру мәндерін және реакциялар үшін тепе-теңдік константаларын қамтиды (30-37) [33].

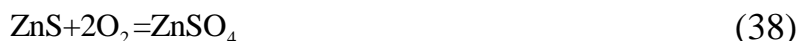
Кесте 2.4 – Гиббс энергиясының өзгеру мәндерін және реакциялар үшін тепе-теңдік параметрлері

Температура, К	Реакция нөмері, ΔG , кДж	Реакция нөмері, Lg, К	Реакция нөмері, ΔG , кДж	Реакция нөмері, Lg, К	Реакция нөмері, ΔG , кДж	Реакция нөмері, Lg, К
	1		2		3	
250	-214,50	89,61	-758,06	308,00	99,84	-41,71
350	-207,39	72,74	-750,51	263,21	84,79	-29,74
450	-200,35	60,55	-743,07	224,59	70,02	-21,16
550	-186,49	51,35	-735,78	195,37	55,56	-14,75
650	-172,89	44,15	-728,67	172,52	41,49	-9,82
750	-193,39	38,38	-721,76	154,18	27,84	-5,94
850	-179,66	33,64	-714,93	139,12	14,30	-2,78
900	-169,53	31,58	-711,52	132,56	7,54	-1,40
Температура,К	Реакция нөмері, ΔG , кДж	Реакция нөмері, Lg, К	Реакция нөмері, ΔG , кДж	Реакция нөмері, Lg, К	Реакция нөмері, ΔG , кДж	Реакция нөмері, Lg, К
	4		5		6	
250	31,30	-13,08	-38,11	15,92	56,82	-23,74
350	15,10	-5,29	-29,92	10,49	53,15	-18,64
450	-1,48	0,44	-21,81	6,59	49,68	-15,01
550	-19,00	5,04	-13,76	3,65	46,39	-12,32
650	-37,53	8,88	-5,75	1,36	43,35	-10,26
750	-55,49	11,85	2,23	-0,47	40,59	-8,67
850	-73,33	14,27	10,15	-1,97	37,86	-7,38
900	-82,23	15,32	14,07	-2,62	36,48	-6,79
Температура,К	Реакция нөмері, ΔG , кДж	Реакция нөмері, Lg, К	Реакция нөмері, ΔG , кДж	Реакция нөмері, Lg, К	Реакция нөмері, ΔG , кДж	Реакция нөмері, Lg, К
	7		8		9	
250	11,89	-4,96	36,45	-15,22	-66,73	27,882
350	3,80	-1,33	10,49	-3,680	-71,61	25,120
450	-4,48	1,35	-15,31	4,628	-76,43	23,100
550	-13,38	3,55	-41,13	10,922	-81,20	21,562
650	-22,94	5,43	-67,04	15,875	-85,95	20,350
750	-32,15	6,86	-92,81	19,828	-90,67	19,370
850	-41,29	8,03	-118,37	23,036	-95,37	18,559
900	-45,85	8,54	-131,05	24,417	-97,71	18,204

Күйдіру кезінде темір қосылыстарының мүмкін реакциялары үшін Гиббс энергиясының өзгеру мәндері мен тепе-теңдік константаларының есептеулері магнетит, темір сульфаты, темір оксиді және темір оксидінің пайда болуының

жоғары термодинамикалық ықтималдығын көрсетті [22]. Сондықтан сульфатты күйдіруді таңдау оның қарапайымдылығы мен тиімділігіне негізделген, өйткені ол кек қалатын темір ерітіндісін тазартудың минималды шығындарымен жоғары ашылуды қамтамасыз етеді.

Әрі қарай полиметалл сульфидті шикізатты күйдіру кезінде мырыш қосылыстарының өзара әрекеттесуінің ықтимал реакциялары келтірілген (38-42) [22].



2.5-кестеде сипатталған әдістерді, сондай-ақ HSC Chemistry 6.0 компьютерлік бағдарламасын қолдана отырып жасалған есептеулердің нәтижелері келтірілген. Есептеулер Гиббс энергиясының өзгеру мәндерін және полиметалл сульфидті шикізатты мырыш қосылыстарымен күйдіру кезінде жүргізілетін реакциялардың тепе-теңдік константасын (39-43) қамтыды [32]. Олар бұл реакциялардың жоғары термодинамикалық ықтималдықпен жүруі мүмкін екенін көрсетті, нәтижесінде мырыш оксиді мен мырыш сульфаты пайда болады.

Сульфатты күйдіруді таңдау аппараттық дизайнның қарапайымдылығымен және процестің мүмкіндігімен ғана емес, сонымен қатар экономикалық тиімділікпен де байланысты [23]. Сульфатты күйдіру мырыштың аз ғана бөлігі ерітіндіге ауысқанда жоғары ашылуды қамтамасыз етеді, бұл ерітіндіні мырыштан тазарту шығындарын азайтуға мүмкіндік береді [31].

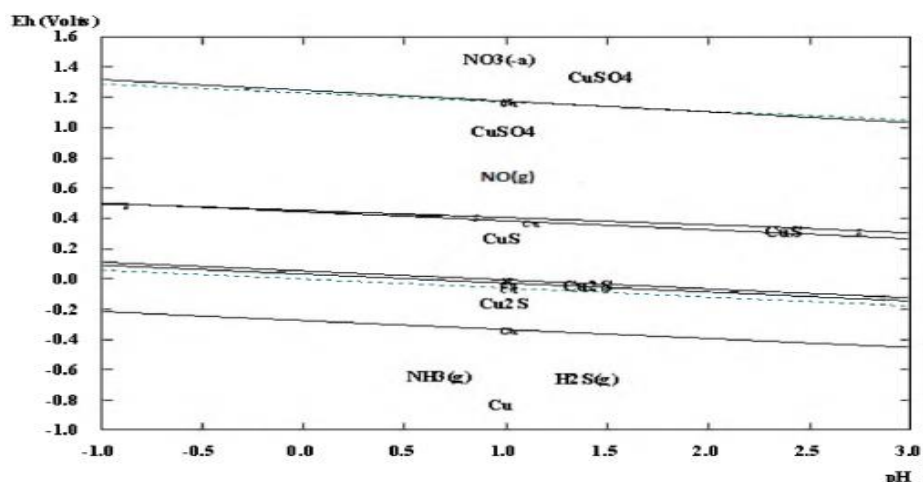
Кесте 2.5 – Гиббс энергиясының өзгеру мәндерін және полиметалл сульфидті шикізаттың тепе-теңдік параметрлері

Температура, К	Реакция нөмері, ΔG , кДж	Реакция нөмері, Lg, К	Реакция нөмері, ΔG , кДж	Реакция нөмері, Lg, К	Реакция нөмері, ΔG , кДж	Реакция нөмері, Lg, К
	1		2		3	
250	-141,11	58,956	-16,174	6,757	-189,66	80,806
350	-132,77	46,569	-16,554	5,806	-193,41	66,525
450	-124,51	37,635	-16,956	5,125	-185,91	56,193
550	-116,36	30,897	-17,386	4,616	-182,16	48,371

2.5–кестенің жалғасы

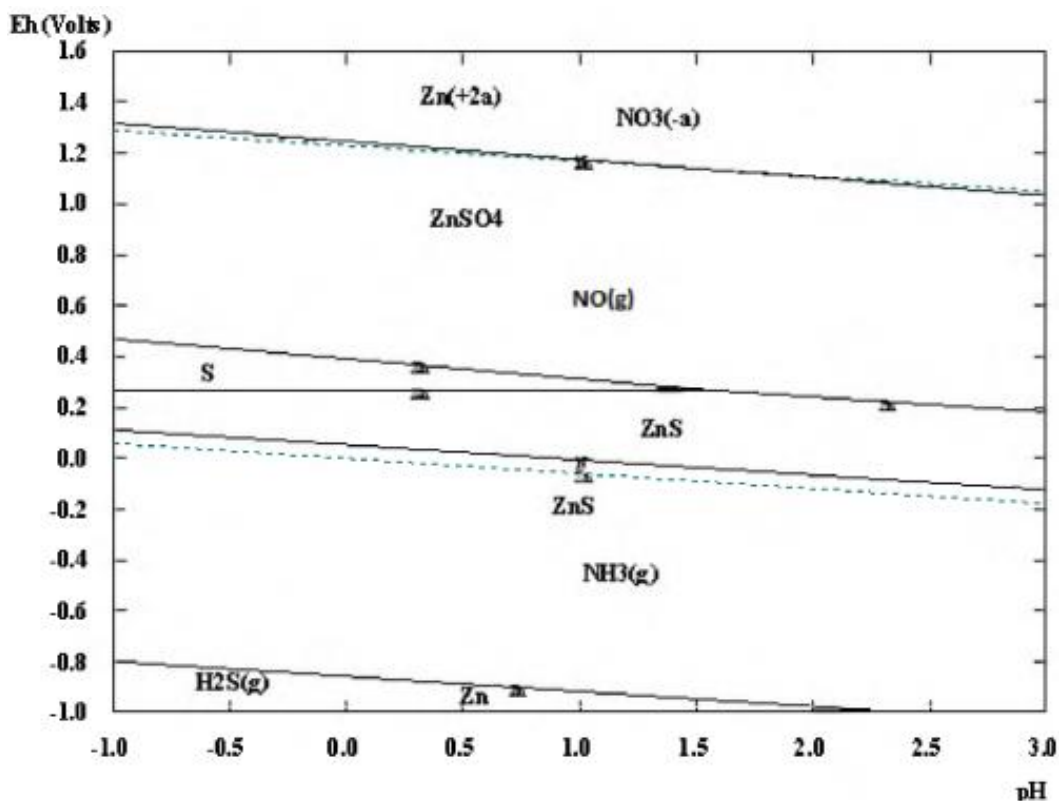
Температура, К	Реакция нөмері, ΔG , кДж	Реакция нөмері, Lg, К	Реакция нөмері, ΔG , кДж	Реакция нөмері, Lg, К	Реакция нөмері, ΔG , кДж	Реакция нөмері, Lg, К
	1		2		3	
650	-108,29	25,641	-17,853	4,227	-178,42	42,244
750	-100,37	21,443	-18,407	3,932	-174,68	37,316
850	-92,971	18,092	-19,426	3,780	-170,94	33,267
900	-89,283	16,634	-19,936	3,714	-169,08	31,501
Температура, К	Реакция нөмері, ΔG , кДж	Реакция нөмері, Lg, К	Реакция нөмері, ΔG , кДж	Реакция нөмері, Lg, К	Реакция нөмері, ΔG , кДж	Реакция нөмері, Lg, К
	4			5		
250	32,544		-13,597	36,519		-15,257
350	28,332		-9,937	18,981		-6,658
450	24,201		-7,315	1,723		-0,521
550	20,153		-5,351	-15,256		4,051
650	16,189		-3,833	-31,948		7,564
750	12,353		-2,639	-48,227		10,302
850	9,016		-1,755	-62,981		12,256
900	7,359		1,371	-70,314		13,100

Азотқышқылды ортадағы ұжымдық өнеркәсіптік қалдықтардың мінез-құлқына термодинамикалық баға алу үшін "HSCChemistry 6" компьютерлік бағдарламасы қолданылды, ол Пурбэ Е-рН диаграммаларын құруға мүмкіндік берді. Нәтижелер 5 - 8 суреттерде келтірілген.



6 - сурет – Азот қышқылы ортасында оның сульфидтері тотыққан кезде мыс қосылыстарының фазалық тепе-теңдік диаграммасы

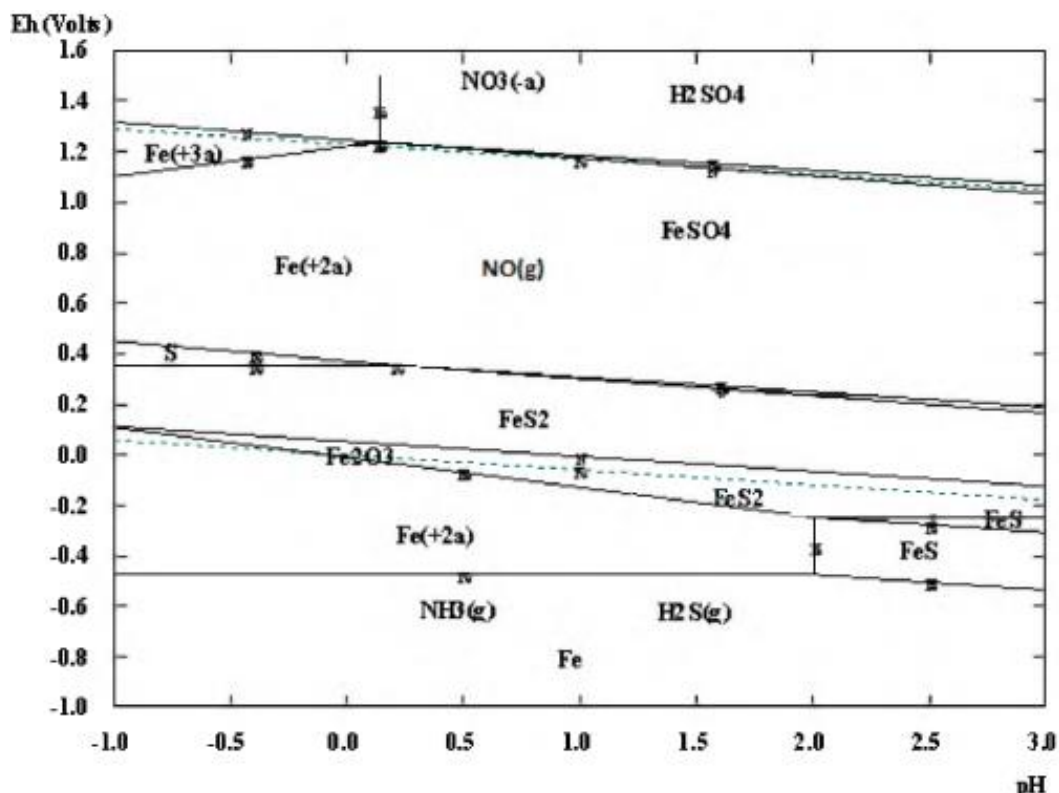
6-суреттегі диаграмманы талдау жүйенің теріс потенциалында NH_3 аммиак газы мен H_2S күкіртсутегі пайда болуы мүмкін екенін көрсетеді. жүйенің қышқылдығы жоғарылаған кезде CuS және Cu_2S мыс сульфидтері $E = 0,5 \text{ В}$ дейін түзіледі. Жүйенің потенциалы $1,2 \text{ В}$ -тан жоғары болса, $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ пайда болуы мүмкін.



7 - сурет – Азот қышқылы ортасында оның сульфидтері тотыққан кезде мырыш қосылыстарының фазалық тепе-теңдік диаграммасы

6-суреттегі диаграмманы талдау теріс потенциалдарда NH_3 және H_2S газының түзілуі мүмкін екенін көрсетеді. потенциалдың одан әрі жоғарылауымен мырыш сульфидтері ериді және $\text{pH} < 1,5$ кезінде Zn^{2+} және S^0 иондары түзіледі. pH жоғарылаған кезде сульфат иондарының түзілуі жүреді, мүмкін NO_x бөлінуімен. $1,2 \text{ в}$ -тан жоғары Потенциалда $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$ пайда болуы мүмкін.

7-суреттегі Диаграмма темір сульфидтерінің азот қышқылы тотығу жағдайында тотығу потенциалының жеткілікті төмен мәндерінде ($0,45 \text{ в}$ дейін) S^0 және Fe_2O_3 түзілетінін көрсетеді. Алайда, құрамында темір бар компоненттердің еруі құрамында бағалы металдар бар минералдардың ашылуының баяулауына алып келуі мүмкін, өйткені бетінде темір оксидтері мен күкірт пайда болуы мүмкін, бұл өнеркәсіптік өнімнің құнды компоненттерінің тотығуына жол бермейді.

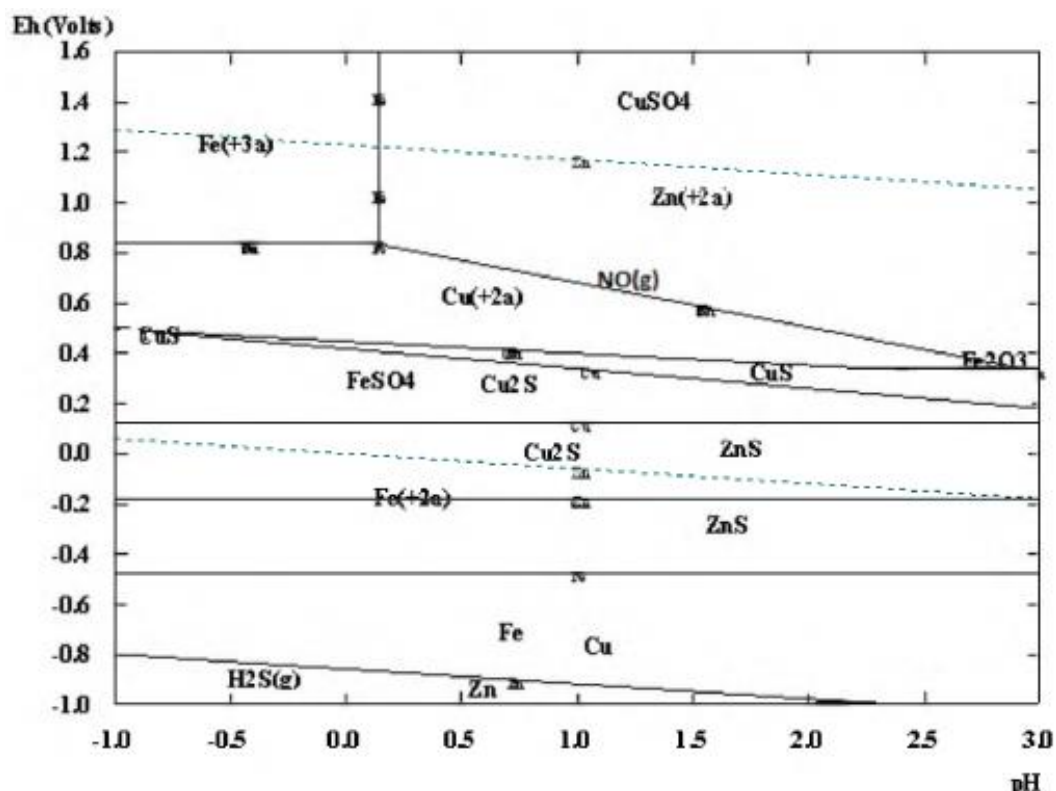


8 - сурет – Азот қышқылы қосылыстарының оның сульфидтеріне әсер етуінен алынған темір қосылыстарының күйін зерттеу

Темірді үш валентті түрге сәтті аудару үшін 1,1 В мәнінен асатын жүйенің жеткілікті жоғары потенциалы қажет. 8-сурет олардың сульфидтерінің азот қышқылы тотығуында мыс, мырыш және темір қосылыстарының бірлескен диаграммасы болып табылады.

Бұл диаграмма күрделі полиметалл өнеркәсіптік өнімдерінің барлық негізгі компоненттерінің мінез-құлқын болжауға және шикізаттың құнды компоненттерін әрі қарай өңдеуге ыңғайлы түрге айналдыру үшін сульфидтердің тотығу процесінің ең қолайлы режимдерін таңдауға мүмкіндік береді.

8 - суреттегі диаграмманы талдау мырыш шикізатының сульфидті компоненттерін сульфат формасына толығымен айналдыру үшін жүйенің 0,9 В мәнінен асатын бастапқы жоғары тотығу потенциалдары қажет деген қорытынды жасауға мүмкіндік береді. бұл жағдайда мыс пен мырыштың катиондық формаға толығымен ауысуы өте маңызды, сондықтан олардың аниондармен қосылыстары түрінде құнды металдар жоғалмайды.



9 - сурет – Мырыш, мыс және темір қосылыстарының сульфидтері азот қышқылымен тотығу аймақтарын бейнелейтін диаграммасы

Термодинамикалық зерттеулер процесінде алынған нәтижелер күрделі көп компонентті сульфидті шикізаттың еру процестерін зерттеудің бастапқы кезеңі болып табылады. Бұл зерттеулер мырыш пен мыстың ерітіндіге максималды ауысуына және оларды кейіннен алынған өнімді ерітінділерден алуға мүмкіндік беретін азот қышқылын шаймалаудың оңтайлы параметрлерін анықтаудағы маңызды қадам болып табылады.

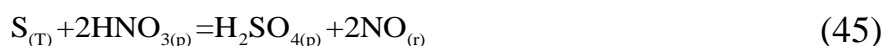
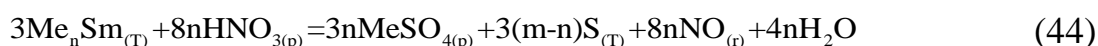
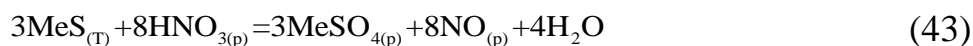
Сульфидтердің сульфат түріне айналуын зерттеу үшін мырыш өнеркәсіптік өнімін жағуды және кейіннен ыстық суда шаймалауды қамтитын бірқатар тәжірибелер жүргізілді. Күйдіру салмағы 50 г аспаны қолдана отырып, 400-ден 900 °C-қа дейінгі температурада жүргізілді. Күйдіру процесінде газдар бөлініп, нәтижесінде аспа 5 г-нан аспайтын массаны жоғалтты.

2.3 Мырышты шаймалау әдістерінің сипаттамасы және қолданылатын реагенттердің сипаттамалары

Азот қышқылы сульфидтермен әрекеттескенде N_2O_3 және NO сияқты нитрат газдары түзіледі. Бұл газдарды оттегімен (ауамен) оңай тотықтыруға болады, NO_2 және N_2O_4 сияқты жоғары азот оксидтеріне айналады және сулы ерітінділермен жанасқанда қайтадан азот қышқылын түзеді, реагентті толығымен тотықсыздандырады [24]. Осылайша, бұл реагентті қолдану бұрын

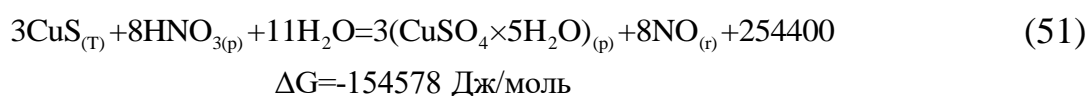
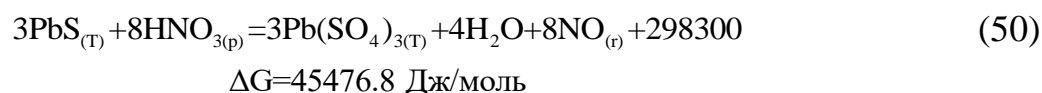
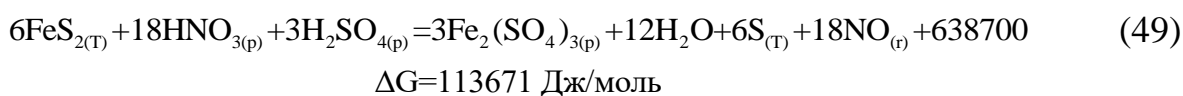
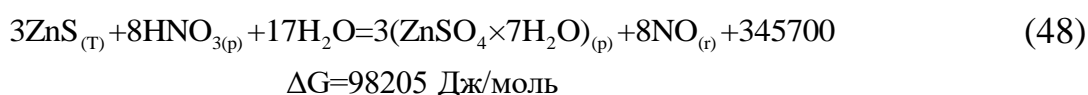
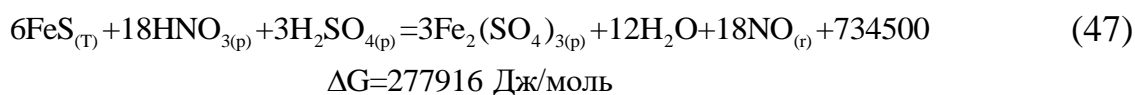
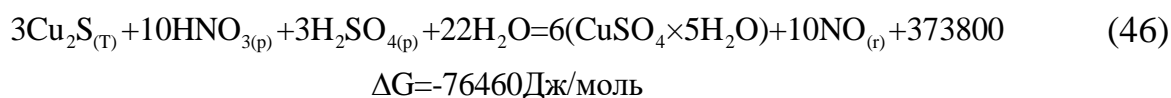
карастырылған нұсқалармен салыстырғанда оның шығынын едәуір азайтуға мүмкіндік береді, ал әлсіз 50-60 пайыздық қышқылдың құны күкірт қышқылының құнынан аспайды.

Бірнеше зерттеулер сульфидтерді сулы ерітіндідегі сульфаттарға тотықтыру үшін оттегі (ауа) қоспасында азот, азот қышқылдары мен нитрот газдарын пайдаланудың жоғары тиімділігін растайды. Бұл процесс келесі реакциялармен (43-45) Жалпы түрде ұсынылуы мүмкін:



Пирит және пирротин сияқты жоғары сульфидтерді азот қышқылының шектеулі мөлшерімен өндегенде, азот қышқылын одан әрі қосқанда тотығуға ұшырайтын элементтік күкірт бөлінуі мүмкін.

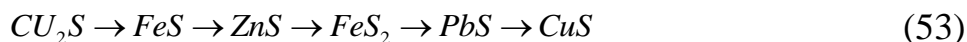
Сонымен қатар, 46-51 реакцияларын қолдана отырып, жеке сульфидтердің тотығу реакцияларының және сульфаттардың еруінің жалпы жылуын анықтау үшін есептеу жұмыстары жүргізілді. Бұл процестің тиімділігін дәлірек бағалауға және оның параметрлерін оңтайландыруға мүмкіндік береді.



Процесс барысында бөлінетін элементар күкірт 52 реакциясына сәйкес азот қышқылы ортасында тотығу қабілетіне ие:



Азот қышқылымен тотыққан сульфидтер мен суда еритін сульфаттар реакция жылуының төмендеуіне келесідей реттелуі мүмкін:

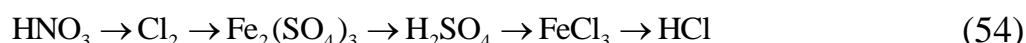


Кесте 2.6 – жеке сульфидтердің әртүрлі реагенттермен өзара әрекеттесуінің жылу әсерлері туралы мәліметтер келтірілген.

Кесте 2.6 – Сульфидтердің тотықтырғыштармен және еріткіштермен әрекеттесу әсерлерінің мәндері (бір моль сульфидке мың калорияда)

Сульфидтер	1 моль салмағы	Еріткіштер мен тотықтырғыштар					
		HCl	FeCl ₃	H ₂ SO ₄	Fe ₂ (SO ₄) ₃	Cl ₂	HNO ₃
ZnS	97,44	0,68	10,78	19,73	32,18	60,48	115,23
FeS	87,91	10,15	20,27	29,25	36,70	69,97	122,42
CdS	144,47	-5,48	4,97	14,56	27,01	54,57	106,73
FeS ₂	119,97	-15,9	4,30	13,28	20,73	54,00	106,45
PbS	239,27	-9,95	0,12	12,95	21,40	49,85	99,43
CuS	159,20	-33,98	- 1,98	- 11 ,50	30,63	48,22	124,60

Сульфидтермен әрекеттесу кезінде төмендейтін жалпы жылу әсерлеріне сәйкес қарастырылған реактивтер келесідей реттелуі мүмкін:



Осылайша, сульфидтердің өзара әрекеттесуі олардың тотығу және ерітіндіде еру процесін күшейтуі мүмкін.

2.4 Мырыш өнеркәсіптік қалдықтарын азот қышқылымен шаймалау және эксперименттерді жүргізу

Шаймалау 80-90 °С температурада ыстық суда үнемі араластыра отырып, күйдірілгеннен кейін жүргізілді. осыдан кейін ерітінділер Analytik Jena novAA 300 атомдық абсорбциялық спектрометрдің көмегімен сүзіліп, талданды. Талдау нәтижелері 7-кестеде келтірілген.

Полиметалл сульфидті мырыш өнімінің сульфаттандыратын күйдіру тұтануын күкірт қышқылымен шаймалау бойынша зерттеулер жүргізілді. Тәжірибелердің негізгі мақсаты сульфаттардың пайда болуының

температуралық жағдайларын анықтау және металды ерітіндіге максималды алу үшін оңтайлы шаймалау параметрлерін анықтау болды.

Кесте 2.7 – Өртүрлі температурада күйдірілген өнімдерді шаймалау процесінің нәтижелері

Температура, °С	Zn бөліп алу, %	Fe бөліп алу, %	Cu бөліп алу, %
400	52,7	6,71	48,5
500	52,8	9,5	57,6
550	34,8	5,7	23,2
600	38,9	6,3	52,9
650	32,2	8,2	36,1
700	48,01	6,38	40,4
800	24,7	1,5	41,5
900	14,9	2,3	30,2

Тәжірибелер 1000 айн/мин жылдамдықпен айналатын механикалық араластырғышты қолдана отырып, 300 см³ стакан мен су моншасынан тұратын зертханалық қондырғыда жүргізілді. шикізат ілмегі 20 г құрады. тәжірибелер жүргізу үшін келесі параметрлер таңдалды: сұйықтықтың қаттыға қатынасы (С: Қ) целлюлозада 5: 1 болды; күкірт қышқылының концентрациясы 0-ден 20 г/дм³-ке дейін, процестің температурасы 25-тен 80 °С-қа дейін және шаймалау ұзақтығы 30-дан 90 минутқа дейін өзгерді.

Тәжірибелердің нәтижелерінен ерітіндіге металды максималды алу күкірт қышқылының концентрациясы 10 г/дм³, температура 60 °С және шаймалау ұзақтығы 60 минут болған кезде байқалады. Сондай-ақ, 400-ден 700 °С-қа дейінгі температурада сульфаттардың пайда болуы мүмкін екендігі анықталды.

Эксперименттер аяқталғаннан кейін Analytik Jena novAA 300 атомдық сіңіру спектрометрін қолдана отырып, алынған ерітінділер мен өнеркәсіптік суға талдау жасалды [31]. Алынған жауын-шашын жуылды, кептірілді және өлшенді. Зерттеу деректері 8-кестеде келтірілген. Зерттеу нәтижелерінен оғаркаларды шаймалаудың оңтайлы параметрлері мыналар болып табылады: күкірт қышқылының концентрациясы - 10 г/дм³, эксперименттің ұзақтығы - 90 минут, процестің температурасы – 25 °С, С:Қ = 5.

Кесте 2.8 – Күкірт қышқылы техникасын қолдана отырып, мырыш өнімін шаймалау нәтижелері туралы есеп

№	Тәжірибе уақыты, мин	Температура, °С	H ₂ SO ₄ концен-трациясы, г/дм ³	Zn бөліп алу, %	Fe бөліп алу, %	Cu бөліп алу, %
1	10	25	0	19,20	10,52	43,75

2.8–кестенің жалғасы

№	Тәжірибе уақыты, мин	Температура, °С	H ₂ SO ₄ концен-трациясы, г/дм ³	Zn бөліп алу, %	Fe бөліп алу, %	Cu бөліп алу, %
2	10	50	0	19,20	10,07	36,25
3	10	80	0	18,97	11,71	0,00
4	10	25	10	24,11	23,39	81,25
5	10	50	10	23,66	27,20	66,25
6	10	80	10	32,66	33,75	15,00
7	10	25	20	22,10	23,32	80,00
8	10	50	20	24,11	32,68	68,75
9	10	80	20	36,61	46,43	16,25
10	30	25	0	20,98	10,89	58,23
11	30	50	0	20,98	10,54	43,04
12	30	80	0	31,47	18,57	0,00
13	30	25	10	28,13	33,04	84,81
14	30	50	10	33,26	36,43	73,42
15	30	80	10	42,41	41,79	16,46
16	30	25	20	25,22	31,25	83,54
17	30	50	20	40,85	39,64	82,28
18	30	80	20	48,44	50,71	20,25
19	60	25	0	34,60	15,36	83,54
20	60	50	0	37,28	17,86	60,76
21	60	80	0	43,53	27,50	0,00
22	60	25	10	30,13	41,79	96,20
23	60	50	10	56,03	50,54	89,87
24	60	80	10	52,90	45,89	21,52
25	60	25	20	64,06	38,39	91,14
26	60	50	20	49,73	47,68	86,08
27	60	80	20	54,91	57,86	22,78

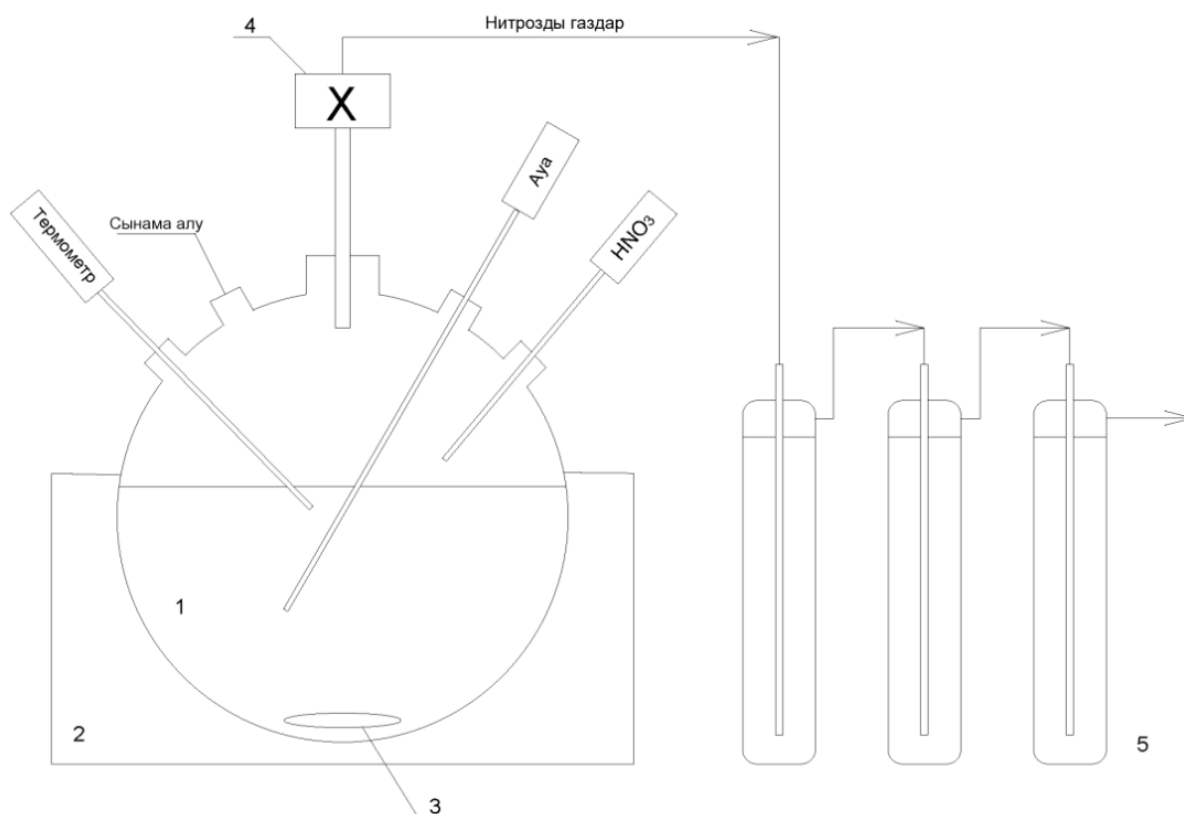
Жүргізілген эксперименттердің нәтижелері бойынша сульфидтерді сульфаттарға айналдырудың оңтайлы шарттары 500 °С температурада байқалатыны анықталды. Талдау нәтижелері қайталама шаймалау процесінің тиімді екенін көрсетті: мырыш 94,6 %, қалдық мыс материалы 83,3 % және темір 7,49 % қалпына келтірілді.

Полиметалл сульфидті шикізатты шаймалау процесі үшін зертханалық қондырғы қолданылды (8-суретте көрсетілген). Ол 200 см³ дөңгелек түбі бар шыны реакторды қамтыды, азот қышқылын, компрессордан ауаны енгізуге, сынамаларды алуға, температураны бақылауға және нитрозды газдарды кері су салқындату жүйесіне шығаруға арналған тесіктері бар.

Реактор термостатикалық жағдайда болады және араластыру 500 айн/мин жылдамдықпен айналатын магниттік араластырғышпен жүргізілді.

Химиялық реакцияларды жүргізуге арналған жабдықтың диаграммасында бірнеше негізгі компоненттерді ажыратуға болады:

- Процесс жүретін реактор;
- Қажетті температураны қамтамасыз ететін термостат;
- Реагенттердің біркелкі араласуын қамтамасыз ететін магниттік араластырғыш;
- Реакция температурасын бақылауға жауап беретін су салқындатылған кері тоназытқыш;
- Процесте пайда болған газ өнімдерін кетіру үшін қажет газ ұстау жүйесі.



10 - сурет – Мырыш өнімін шаймалау процесі үшін қолданылатын зертханалық қондырғының схемасы

Нитрозды газдарды тиімді жою үшін аммоний гидроксиді мен сутегі асқын тотығы ерітінділерінің қоспасымен толтырылған үш сіңіру колонкасынан тұратын арнайы жүйе қолданылды. Шаймалау процесінде салмағы 20 г, бөлшектердің мөлшері 0,74 мкм-ден аспайтын ұсақ дисперсті концентрат қолданылды. Эксперименттің шарттарына байланысты қышқыл біртіндеп ерітілген суспензияға қосылды немесе концентратты қышқыл реакторына бөліктерге бөлді. Тұнбаның жалпы шығымы ерітіндінің жалпы массасының шамамен 10 % құрады, тұнба сұр түсті болды.

Эксперименттер аяқталғаннан кейін алынған целлюлоза массасы сүзгіден өтті, содан кейін өнімді ерітінділер Analytik Jena novAA 300 атомды сіңіру спектрометрімен талданды [31].

Технологиялық процесте оңтайлы нәтиже алу үшін үш тәуелсіз параметр бойынша үш деңгейлі модель түрінде экспериментті математикалық жоспарлау әдісі қолданылды.

Технологиялық ойларды ескере отырып, келесі айнымалы параметрлер таңдалды: 2-ден 6-ға дейін өзгерген целлюлозадағы сұйықтықтың қаттыға қатынасы (С:К); 20 г концентратқа әр түрлі су көлемінде (0-120 см³) 60-100 см³ диапазонындағы азот қышқылының шығыны, сондай-ақ 30-дан өзгеретін шаймалау ұзақтығы 90 минутқа дейін.

Зерттеу жүргізу үшін құрамында 57 % азот қышқылы пайдаланылды. Эксперименттердің нәтижелері 9-кестеде келтірілген.

Кесте 2.9 – Мырыш өнеркәсіптік қалдықтарын азот қышқылымен шаймалау экспериментінің нәтижелері

№	Тәжірибе уақыты, мин	HNO ₃ /H ₂ O коэффициенті, см ³	HNO ₃ концентрациясы, моль/дм ³	С:К	Zn үзіндісі, %
1	30	60/0	13	2	52,49
2	30	42/18	9	2	46,94
3	30	28/32	6	2	42,14
4	30	100/0	13	4	59,91
5	30	70/30	9	4	58,23
6	30	47/53	6	4	52,25
7	30	150/0	13	4	67,49
8	30	105/45	9	6	50,14
9	30	70/80	6	6	86,57
10	60	60/0	13	2	57,54
11	60	42/18	9	2	53,61
12	60	28/32	6	2	47,71
13	60	100/0	13	4	65,29
14	60	70/30	9	4	64,12
15	60	47/53	6	4	50,19
16	60	150/0	13	6	76,22
17	60	105/45	9	6	57,29
18	60	70/80	6	6	85,88
19	90	60/0	13	2	65,33
20	90	42/18	9	2	60,23
21	90	28/32	6	2	55,16
22	90	100/0	13	4	89,72
23	90	70/30	9	4	74,71

2.9–кестенің жалғасы

№	Тәжірибе уақыты, мин	HNO ₃ /H ₂ O коэффициенті, см ³	HNO ₃ концентрациясы, моль/дм ³	C:Қ	Zn үзіндісі, %
24	90	47/53	6	4	62,47
25	90	150/0	13	6	82,72
26	90	105/45	9	6	70,84
27	90	70/80	6	6	82,33

Сульфидтердің тотығу және еру жылдамдығы әртүрлі жағдайлармен анықталады, соның ішінде түзілген сульфаттың ерігіштігі, температура, сульфат пен еріткіштің белсенділігі, сульфид пен еріткіштің жанасу беті, реактивтер мен өнімдердің концентрациясы және сульфидтің тұрақтылығы. Сонымен қатар, түзілген сульфаттар мен қышқылдардың сульфидтермен әрекеттесуі сияқты қайталама процестер реакция барысына айтарлықтай әсер етуі мүмкін [25].

2.5 Мырышты селективті шаймалау процесіне әртүрлі факторлардың әсерін анықтау

Мырыш қосылыстарын шаймалау процесіне әр түрлі факторлардың әсерін зерттеу барысында қатты және сұйықтықтың уақыт, температура және арақатынасының әр түрлі мәндерінде эксперименттер жүргізілді (Қ:С) [26].

Күйдірілген кен (селективті шаймалау) процесі, жалпы алғанда, кейбір материалдардың белгілі бөліктерін металлдық соқтау, қуаттау және басқа да технологиялар бойынша түсірудің нәтижесінде және механикалық сипаттамаларды өзгертудегі процесі.

Температура кендеу процесіне тәуелді ететін ағымдардың бірі. Оны селективті шаймалау процесінің бір қатар параметрлерінің бірі деп анықтауға болады. Кендеу процесінде пайдаланылатын материалдың селективті шаймалау температурасы, оның өзгерісін жүзеге асыруға тиіс болатын температурадан көбірек болуы мүмкін. Селективті шаймалау үшін пайдаланылатын пластиктік материалдарды кендеу үшін 120 °С-дан жоғары температураларда шаймалауға болады.

Процесс жасалатын технология бойынша, материал кендігінде шаймалау процессін бастау мақсатына сай шарттарды белгілеу үшін өзгеріс жасауға болады. Кендеу процессінің өзгерісі материалдың механикалық сипаттамаларын, сыртқы морфологиясын, химиялық құрамын және басқа параметрлерді өзгерту кезінде болуы мүмкін [27].

Мұны істеу үшін олар 30 грамм кен алып, оларды арнайы колбаға салды, содан кейін еріткішті шаймалаумен құйып, колбаны 220 айн/мин айналу жылдамдығымен араластырғышқа салды.

Эксперимент аяқталғаннан кейін ерімейтін қатты фаза сұйық фазадан сүзу арқылы бөлініп, сумен жуылды. Ерімейтін қатты фазада қалған мырыштың

мөлшері кептіру арқылы, ал сұйық фазада қалған мырыштың мөлшері күкірт қышқылы ерітіндісі мен тұз қышқылы ерітіндісін қолдану арқылы анықталды.

Эксперименттер еріткіштің, температураның және уақыттың мырышты шаймалау процесіне әсері туралы мәліметтер берді. Уақыттың әсерін зерттеу 100 % шаймалау концентрацияда, 90 °С температурада және 15-90 минут ішінде: 1:3-тен арақатынаста жүргізілді. Бұл эксперименттердің нәтижелері мырышты шаймалау процесіне уақыттың әсерін бағалау үшін 10-кестеде келтірілген.

Кесте 2.10 – Шаймалау кезінде тәжірибеге уақытын әсерінің нәтижелері

Зерттеуді орындауға уақыттың әсері, мин	Мырыштың ерітіндіге өту дәрежесі, %	
	Бастапқы кен	Күйдірілген кен
15	14	24
30	19	39
45	23	52
60	25	61
75	26	67
90	26	71

Шаймалау процесінің тиімді уақыты ретінде 90 минут ұзақтық таңдалып алынды. Егер процесті 90 минуттан ұзақ уақытта жүргізсек мырыштың ерітіндіге бөліп алу дәрежесі артады, бірақ алынған ерітіндіні мен ерімеген қалдықты бөлу кезінде қиындықтар пайда болады. Сондықтан шаймалау процесін оңайлату үшін 90 минут ұзақтық таңдалып алынды.

Мырышты шаймалау процесін әртүрлі температурада жүргіздік. Себебі, мырышты ерітіндіге максимальды дәрежеде бөліп алуға температурасының қолайлы мәнін таңдау үшін. Тәжірибелік жұмыстар кезінде шаймалау процесі бекітілген 25, 50, 75 және 90 °С кезінде жүргізілді. Мырышты шаймалауға процесс температурасының әсерін зерттеу келесідей шарттарда жүргізілді: шаймалау мөлшері – стехиометриялық мөлшерден 100 % қажеттілігінде, процесс ұзақтығы – 90 мин, Қ:С қатынасы 1:3. Зерттеу нәтижелері 11 – кестеде көрсетілген.

Кесте 2.11 – Шаймалау кезінде тәжірибеге температураның әсері

Температураның әсері, °С	Мырыштың ерітіндіге өту дәрежесі, %	
	Бастапқы кен	Күйдірілген кен
25	11	23
50	17	41
75	22	58
90	26	71

Шаймалау процесіне Қ : С қатынасының әсері әртүрлі аралықта жүргізілді (1:2 ден 1:4 ке дейін). Шаймалау процесі Қ : С қатынасы 1:2 кезіндегі мырыштың ерітіндіге өту дәрежесінің төмендігі – аз мөлшердегі ерітінің қанығуымен түсіндіріледі. Ал, Қ : С қатынасының 1:3 тен жоғары болған кезінде алынған ерітінді сұйылтылып мырыш концентрациясының төмендеуіне байланысты ондай үлкен қатынастар қолданылмайды. Тәжірбие жұмыстары шаймалау мөлшері – стехиометриялық мөлшерден 100 % қажеттілігінде, температура – 90°С, ал процесс ұзақтығы – 90 минут кезінде жүргізілді. Шаймалау процесіне Қ:С қатынасының әсерін зерттеу нәтижелері 2.12-кестеде көрсетілген.

Кесте 2.12 – Шаймалау кезінде тәжірбиеге Қ : С қатынасының әсері

Қ : С қатынасының әсері	Мырыштың ерітіндіге өту дәрежесі, %	
	Бастапқы кен	Күйдірілген кен
1:2	18	56
1:3	16	71
1:4	26	71

Сонымен қатар, Қ:С қатынасының үлкен болуынан мырыштың ерітіндіге өту дәрежесі 1:3 қатынасымен тең дәрежеде 71 % - дан аспайды.

3 Экономикалық бөлім

3.1 Мырышты селективті шаймалау процесінің қоршаған ортаға әсерін және оның экономикалық факторлық әсерлерін анықтау

1000 тонна ұжымдық өнеркәсіп өнімдерінің жалпы көлеміне экологиялық-экономикалық тиімділік есебі жүргізілді.

2.13-кестеде өнеркәсіптік өнімдерді орналастыру ақысын, сондай-ақ топырақ пен жердің ластануынан туындауы мүмкін залалды және осы залалдың алдын алудан алынған экономикалық әсерді анықтауға мүмкіндік беретін тиісті деректер берілген.

Кесте 2.13 – Экологиялық-экономикалық тиімділікті есептеу үшін тиісті деректер

Лаптаушы элементтер	$O_{NKClass}$, теңге/т	O_{JLim} , Т	X_{LT}, E_j^p	$K_{i,j}^{KP}$
Zn	5814,12	10	0,150	3,0
Fe	3876,6	15	0,350	2,0
Cu	5814,12	10	0,120	3,0
As	5327,4	0,5	0,002	3
Pb	13565,76	1	0,015	7,0

Белгіленген лимиттерден асатын ұжымдық өндірістік өнімдерді орналастыру үшін төлемді анықтау үшін төлем сомасын есептеуге мүмкіндік беретін (55) формула қолданылады (O_{PSL} , теңге) [34].

$$O_{PSL} = K_{LIndex} * K_{Tindex} * O_{NKClass} * O_{JLim} + 5 * K_{LIndex} * K_{Tindex} * O_{NKClass} * (O_{Nws} - O_{JLim}) \quad (55)$$

Ластану төлемінің индекстеу коэффициенті (K_{LIndex}) және экологиялық жағдайдың коэффициенті және топырақ жағдайының маңыздылығы (K_{Tindex}) жыл сайын бюджет туралы заңмен белгіленеді және сәйкесінше 2,07 және 1,7 құрайды. Бір тонна өнеркәсіптік өнімдерді ($O_{NKClass}$) орналастырғаны үшін төлемақының базалық нормативі қоршаған ортаға қауіптілік класына байланысты айқындалады. I типті (O_{Nws}) орналастырылатын өнеркәсіптік өнімдердің нақты саны шикізат құрамына байланысты және 3,43 % Cu, 19,1 % Zn, 23,36 % Fe, 0,09 % Pb және 0,03 % As құрайды. Өнеркәсіптік өнімдерді орналастырудың жылдық лимиті (O_{JLim}) [34].

$$O_{PSL}^{Zn} = 1.48 * 1.9 * 5814.12 * 10 + 5 * 1.48 * 1.9 * 5814.12 * (92.1 - 10) = 6874882,95$$

$$O_{PSL}^{Fe} = 1.48 * 1.9 * 3876.6 * 15 + 5 * 1.48 * 1.9 * 3876.6 * (335.7 - 15) = 17915792,232$$

$$O_{PSL}^{Cu} = 1.48 * 1.9 * 5814.12 * 10 + 5 * 1.48 * 1.9 * 5814.12 * (63,7 - 10) = 4551514,5$$

$$O_{PSL}^{As} = 1.48 * 1.9 * 5327,4 * 0.5 + 5 * 1.48 * 1.9 * 5327,4 * (2,1 - 0.5) = 127335,546$$

$$O_{PSL}^{Pb} = 1.48 * 1.9 * 13565,76 * 1 + 5 * 1.48 * 1.9 * 13565,76 * (11.8 - 1) = 2098075,2$$

$$O_{PSL} = 6874882,95 + 17915792,232 + 4551514,5 + 127335,546 + 2098075,2 = 31567600,428$$

Топырақ пен жердің ластануынан болатын экологиялық-экономикалық зиянды анықтау Қоршаған ортаны қорғау мәселесін шешудегі маңызды қадам болып табылады. Жердің химиялық заттармен ластануына байланысты залал үшін төлем мөлшерін анықтау қиын міндет болып табылады, оны шешу көптеген факторларды ескеруді талап етеді. Жалпы жағдайда төлемақы мөлшері ластанған жерлерді тазарту жөніндегі жұмыстардың толық көлеміне жұмсалатын шығындар негізінде айқындалады. Кейбір жағдайларда, бұл шығындарды бағалау қиын болған кезде, төлем мөлшерін арнайы формуламен есептеуге болады (56) [35].

$$T_{ZM} = \sum_{i=1}^{i=n} (J_{LN} * X_{LT} * L_{JDK} * X_{LDK} * X_{EK} * X_{JKE}) \quad (56)$$

T_{ZM} – Жердің химиялық заттармен ластануынан келтірілген залал үшін төлем мөлшері, мың теңге;

J_{LN} – топырақтың j типті ауылшаруашылық жерлерінің немесе басқа ластанған жерлердің құнының нормативі, мың теңге/га. Ауылшаруашылық жерлері жағдайында ауылшаруашылық емес қажеттіліктер үшін алынатын ауылшаруашылық жерлерінің орнына жаңа жерлерді игеру құнына тең, 1302600 мың теңге/га;

X_{LT} – жердің ауданы i -м химикатпен ластанған топырақ түрі туралы, бұл ретте әрбір аудан қандай да бір түрдегі бір химикатпен ластанғанын білдіреді, га;

L_{JDK} – ластанған жерлерді қалпына келтіру кезеңінің ұзақтығын ескеретін қайта есептеу коэффициенті, 5,6;

X_{LDK} – i -ші химиялық заттармен жердің ластану дәрежесін ескеретін қайта есептеу коэффициенті, бірлік үлесі, 0,6;

X_{EK} – экологиялық жағдайдың коэффициенті және аумақ /экономикалық аудан жағдайының экологиялық маңыздылығы, бірлік үлесі, 1,9;

X_{JKE} – жердің ластану тереңдігін ескеретін қайта есептеу коэффициенті, 2,0.

$$T_{ZM}^{Zn} = 1302600 * 0.150 * 5.6 * 0.6 * 1.9 * 2.0 = 2494739,52$$

$$T_{ZM}^{Fe} = 1302600 * 0.350 * 5.6 * 0.6 * 1.9 * 2.0 = 5821058,88$$

$$T_{ZM}^{Cu} = 1302600 * 0.120 * 5.6 * 0.6 * 1.9 * 2.0 = 1995791,616$$

$$T_{ZM}^{As} = 1302600 * 0.002 * 5.6 * 0.6 * 1.9 * 2.0 = 33263,178$$

$$T_{ZM}^{Pb} = 1302600 * 0.015 * 5.6 * 0.6 * 2.0 * 1.5 = 249473,952$$

$$T_{ZM} = 2494739,52 + 5821058,88 + 1995791,616 + 33263,178 + 249473,952 = 10594327,146$$

Зиянды заттардың түсуін азайту арқылы алдын алынған экологиялық-экономикалық зиянды бағалау үшін (57) формуласы қолданылады. Бұл жердің химиялық заттармен ластануын азайтудың маңыздылығының қаржылық көрінісін анықтауға көмектеседі [36].

$$A_{DX}^X = A_r^X \times K_w^l \quad (57)$$

Осы тұрғыда, A_{DX}^X айнымалысы топырақтың химиялық заттармен ластануын болдырмауға бағытталған табиғатты қорғау іс-шараларының арқасында алдын алуға болатын шығындардың ақшалай баламасын көрсетеді.

A_r^X мәні гектарына 171,6 мың теңгені құрайтын "r" индексі бар аймақтағы топырақ пен жер ресурстарының ластануына байланысты нақты зиянды көрсетеді.

K_w^l , өз кезегінде, өнеркәсіп қалдықтарын қайта өңдеу бойынша қабылданған шаралар болмаса, ластану әсер етуі мүмкін жер аумағын көрсетеді.

K_w^l айнымалысының мәні (58) формуласымен анықталады және топырақ пен жер ресурстарының зақымдануын болдырмау үшін қажет қосымша шығындарды көрсетеді. Бұл мән табиғатты қорғау іс-шараларының тиімділігін бағалау үшін және болашақта осындай іс-шараларға инвестиция салу туралы шешім қабылдау үшін үлкен маңызға ие [35].

$$K_w^l = \sum_{j=1}^{j=m} (E_j^P \times K_{i,j}^{KP} \times K_j^{TW}) \quad (58)$$

Бұл тұрғыда E_j^P айнымалысы жобаланған технологияны енгізу арқылы химиялық ластанудан сақталған j типті жер учаскесінің ауданын білдіреді. Бұл ақпарат 2.14-кестеде келтірілген.

$K_{i,j}^{KP}$ айнымалысы аталған технологияны қолдану арқылы J типті жерге түспеген i-ші химиялық заттың қауіптілік класын ескеретін коэффициентті қамтиды.

K_j^{TW} айнымалысы J типті топырақтың табиғи-шаруашылық маңыздылығын көрсетеді, ол 1,5-ке тең. Бұл айнымалы осы типтегі топырақтың ауылшаруашылық өндірісі және басқа да экономикалық мақсаттар үшін маңыздылығын көрсетеді.

Осылайша, бұл үш айнымалы жобаның тиімділігін есептеу және оның қоршаған ортаға әсерін бағалау үшін қолданылады. Олардың маңыздылығы-олар жобаның Жер ресурстарын сақтауға және қоршаған ортаның ластануын болдырмауға қосқан үлесін бағалауға көмектеседі.

Zn үшін жер учаскесінің ауданының есептелуі:

$$K_w^1 = 0.150 \times 3 \times 1.5 = 0.6750 \text{ га} .$$

Fe үшін жер учаскесінің ауданының есептелуі:

$$K_w^1 = 0.350 \times 2 \times 1.5 = 1.0500 \text{ га}$$

Cu үшін жер учаскесінің ауданының есептелуі:

$$K_w^1 = 0.120 \times 3 \times 1.5 = 0.5400 \text{ га}$$

As үшін жер учаскесінің ауданының есептелуі:

$$K_w^1 = 0.002 \times 0,5 \times 1.5 = 0.0015 \text{ га}$$

Pb үшін жер учаскесінің ауданының есептелуі:

$$K_w^1 = 0.015 \times 7 \times 1.5 = 0.1575 \text{ га}$$

Жалпы жер учаскелірінің ауданының соммасы:

$$K_w^1 = 0.6750 + 1.0500 + 0.5400 + 0.0015 + 0.1575 = 2.4240 \text{ га}$$

Сондықтан алдын-ала келтірілген зиянның мәні:

$$A_{DX}^x = 171600 \times 2,4240 = 415958.4 \text{ тг.}$$

Өнеркәсіптік қалдықтарды қайта өңдеу нәтижесінде әрбір кәсіпорын айтарлықтай соманы үнемдейді, атап айтқанда, қайта өңдеуге ұшыраған әр мың тонна сульфидті көп компонентті шикізат үшін 36,66 миллион теңге болып анықталды. Бұл компания үшін өнеркәсіптік өнімдерді қайта өңдеу технологияларын қолдану арқылы қол жеткізілетін маңызды нәтиже екені айқын.

4 Қауіпсіздік және еңбек қорғау бөлімі

Зертхана меңгерушісі кәсіпорында қауіпсіздік техникасын қамтамасыз ету жөніндегі іс-шараларды орындауды тапсырады. Ол қауіпсіздік жүйесін бақылауды және апаттар мен зақымданулардың алдын алуды қоса алғанда, еңбекті қорғауға толық жауапты [36].

Зертханада әртүрлі заттармен жұмыс істеу кезінде адамға температура, ылғалдылық, ауаның қозғалғыштығы, шу және т.б. сияқты қауіпті және зиянды өндірістік факторлардың әсер ету қаупі бар. Бұл қызметкердің денсаулығы мен оның жұмысына теріс әсер етуі мүмкін, сайып келгенде, жарақат пен кәсіптік аурулардың пайда болуына алып келуі мүмкін. Осыған байланысты жұмыс орнындағы қауіпсіздікті қамтамасыз етуге және ықтимал қауіптердің алдын алуға ерекше назар аудару қажет.

Зертханада, өндірістік жұмыс сияқты, адамның қауіпсіздігіне әсер ететін көптеген факторлар бар. Өзіңізді олардан қорғау үшін бірқатар талаптарды сақтау қажет, соның ішінде [37].

– Жұмыс басталар алдында техникалық және өрт қауіпсіздігі жөніндегі нұсқаулықпен танысу;

– өрт сөндіру құралдарын қолдана білу және олардың орналасуын білу;

– күйік пен улану кезінде алғашқы көмек көрсете білу, сондай-ақ алғашқы медициналық көмек қобдишасының орналасқан жерін білу;

– бастапқы реагенттер мен түзілетін заттардың ерекшеліктерін білу;

– жеке қорғаныс құралдарын пайдалану;

– жұмыс аяқталғаннан кейін зертхананы барлық ток көздерінен ажырату, сондай-ақ газ, электр және су жабдықтарын ажырату қажет.

Өндірістік жарақаттануды болдырмау үшін осы жұмысты орындау кезінде қауіпсіздік ережелерін қатаң сақтау қажет. Ең қауіпті және зиянды жағдайлар [38].

– Қышқылдар мен шаймалау ерітінділерін дұрыс қолданбаған кезде тері мен тыныс алу жолдарының күйіктері;

– жабдыққа электр тогының түсуі, бұл химиялық белсенді ортаға әсер ету мүмкіндігінен туындаған жоғары қауіпті. Қауіпсіздік ережелерін сақтау, сондай-ақ жеке қорғаныс құралдарын пайдалану өндірістік жарақат алу қаупін азайтуға және қызметкердің денсаулығын сақтауға мүмкіндік береді.

Шаймалаумен қауіпсіз жұмыс істеу үшін терінің және шырышты қабаттардың күйіп қалуын және зақымдануын болдырмау үшін бірнеше ережелерді сақтау қажет.

Бірінші ереже – шаймалау құрғақ күйде белсенді емес, бірақ оны сумен араластыру күшті реакция тудырады, бұл химиялық күйік тудыруы мүмкін шаймалау, натрий ионы мен анион гидроксидінің пайда болуына алып келуі мүмкін [39].

Екінші ереже – бет терісінде және дененің басқа жерлерінде аз мөлшерде су бар, бұл оны шаймалаудың әсеріне осал етеді. Сондықтан теріні құрғақ және сұйылтылған шаймалаудың әсерінен қорғау қажет [39].

Үшінші ереже – шаймалаудың булар ағзаға қауіпті болуы мүмкін, бірақ шырышты қабаттар мен терінің химиялық күйіктерін алу үшін булар жеткілікті концентрацияда болуы керек. Сондықтан шаймалау буын ингалициялаудан және теріде және шырышты қабаттарда жанасудан аулақ болуы керек [39].

Төртінші ереже-шаймалаудың сумен әрекеттесуі көп мөлшерде жылу шығарумен және шаймалау будың пайда болуымен бірге жүреді. Шаймалау ерітіндіні дайындаған кезде күйіп қалу қаупін болдырмау үшін мұз текшелері мен суық суды пайдалану керек [39].

Осылайша, қарапайым ережелерді сақтау шаймалаумен жұмыс істеу кезінде денсаулыққа қауіп төндірмейді.

Шаймалаумен практикалық жұмыс істеу қауіпті болып көрінгенімен, қарапайым қауіпсіздік ережелерін сақтау оны сізге және айналаңыздағыларға қауіпсіз ете алады. Міне, олардың кейбіреулері [40].

– Шаймалаумен жұмыс істейтін бөлмеде балалар мен үй жануарларын табудан аулақ болуы керек. Құрғақ шаймаланған ертіндіні сақтайтын орын балалар мен жануарларға мүлдем қол жетімді болмауы керек, ал шаймалау сақталатын ыдыста оның қауіптілігі туралы жазулар болуы керек, мысалы, "улы" немесе "қауіпті";

– шаймалаумен жұмыс жасамас бұрын резеңке қолғап, көзілдірік, респиратор және жұмыс халаты немесе алжапқыш сияқты қорғаныс киімін кию керек;

– шаймалау әрқашан суға қосу керек, керісінше емес, өйткені керісінше жылу мен шаймалау будың көп мөлшерін шығаратын күшті химиялық реакцияның әсерінен жарылыс болуы мүмкін;

– шаймалау ерітіндісі мен суды араластырғаннан кейін ерітінді өте ыстық болады және қайнай бастайды. Шаймалауға ерітіндіні дайындамас бұрын суды салқындату немесе мұз текшелерін қосу керек. Шаймалау ерітіндісі бар ыдысты раковинаға салу керек, егер ол толып кетсе, оны сумен тез шайыңыз. Сонымен қатар, ерітіндіні сыртынан ағынды су астында салқындатуға болады. Шаймалау ерітіндімен жұмыс істегенде, ол сақталатын контейнерге сенбеу керек, бірақ оны созылған қолыңызда ұстаған дұрыс;

– шаймалаумен жұмыс істейтін бөлме жақсы желдетілуі керек. Қауіпті түгіндердің жиналуын болдырмау үшін терезені ашқан жөн немесе сорғышты қосқан жөн.

Шаймалау ерітіндісі теріге түссе келесідей іс шараларды жасау керек: Сабырлы болу және үрейленбеу маңызды. Шаймалау ерітіндісі теріге бірден сіңбейді, сондықтан теріні дереу ағынды сумен шайып, содан кейін сірке суымен немесе лимон шырынын өңдеу керек. Бұл шаймалау бейтараптандыруға және ықтимал жағымсыз әсерлердің алдын алуға көмектеседі [41].

Егер шаймалау киімге түссе, оның теріге түсу қаупі бар. Сондықтан ластанған киімді шешіп, киімнің астындағы теріні жуып, қышқылданған сумен емдеу керек.

Егер теріге құрғақ шаймаланған ерітінді түссе, оны ылғалданбай алып тастауға тырысыңыз, содан кейін оны сумен және сірке суымен шаю керек.

Егер шаймалау өте сезімтал теріге немесе шырышты қабаттарға түссе, зардап шеккен аймақты су шүмегінің астына қою керек немесе оны қышқылдандырылған сумен толтыру керек. Сондықтан шаймалаумен жұмыс істегенде әрқашан сұйылтылған сірке суы немесе лимон шырыны бар тығыз жабық контейнерге қол жеткізу керек.

Егер шаймалау бет пен қолға бір уақытта түссе, алдымен бет пен мойын терісі сияқты сезімтал жерлерді дезинфекциялау керек, содан кейін қолды емдеу керек. Шаймалаумен жұмыс істеу кезінде сақтық шараларын ешқашан ұмытпау қажет.

ҚОРЫТЫНДЫ

Бұл технологияны зерттеу кәсіпорындағы экологиялық жағдайды едәуір жақсартып, айтарлықтай экономикалық тиімділікке алып келуі мүмкін.

Зерттеу тотыққан мырыш кендерін өндеудің әртүрлі әдістерін, соның ішінде пирометаллургиялық және аралас әдістерді, сондай-ақ жер асты және сусымалы шаймалауды қарастырды. Жұмыстың маңызды кезеңі мырыш кендерін физика-химиялық талдау арқылы жүргізілген карбонатты жыныстардан мырышты селективті шаймалау процесін зерттеу болды.

Нәтижесінде шаймалау процесіне әр түрлі факторлардың әсері анықталды, оның ішінде уақыт, температура және арақатынасы анықталды. Жұмыста шаймалаумен жұмыс істеуге байланысты ықтимал қауіптер, соның ішінде химиялық күйіктер мен уланулар да қарастырылғанын атап өткен жөн.

Кондициялық емес мырыш кендері мен сульфидті өнімдерді қайта өңдеу технологияларының ағымдағы жай-күйіне талдау жүргізілді, сондай-ақ олардың дамуының перспективалық бағыттары анықталды, олар мырыш өндірісінің шикізат базасын едәуір кеңейте алады.

Монографияда ауыр түсті металдардың шикізатын ашу мәселесін шешудің ғылыми негізделген жаңа тәсілдері, соның ішінде кондициялық емес мырыш кендеріне арналған жерасты және үйінді шаймалау әдістері, сондай-ақ сульфидті өнеркәсіптік өнімдерді байыту үшін концентрацияланған күкірт қышқылымен сульфаттандыру әдісі ұсынылды.

Жобада анықталған міндеттер толығымен орындалды:

– Карбонатты кендерден мырышты шаймалау технологиялары бойынша әдеби көздерді талданды;

– мырыш өнімін селективті шаймалаудың технологиялық схемасы анықталды;

– мырыш өнімін кейіннен күкірт қышқылымен шаймалау арқылы сульфаттандыратын күйдіру технологиясы зерттелді;

– мырыш өнімін сульфаттандыратын күйдіру кезінде селективті шаймалау процесі зерттелді;

– зерттелетін өнеркәсіптік өнімнің химиялық құрамы мен рентгендік құрылымы талданды;

– мырышты шаймалау әдістерінің сипаттамасы және қолданылатын реагенттері сипатталды;

– мырыш өнеркәсіптік қалдықтарын азот қышқылымен шаймалау және эксперименттерді жүргізілді;

– мырышты селективті шаймалау процесін, экологиялық және экономикалық факторлық әсерлерін анықталды.

Дипломдық жобаға кіріспеден, 4 негізгі бөлімнен, қорытындыдан және пайдаланылған әдебиеттер тізімі кіреді. Жұмыстың жалпы көлемі 45 бетті құрайды, оның ішінде 8 сурет, 58 өрнек және 13 кесте бар. Пайдаланылған әдебиеттер тізімінде 41 атау бар.

ҚОЛДАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Zinc Concentrate Leaching, 2004. 98 бет.
- 2 М.Е. Маковецкий Труды конференции по медно-цинковой проблеме Урала, 1949.
- 3 С.С. Набойченко, Я.М. Шнеерсон, М.И. Калашникова, Л.В. Чугаев Автоклавная гидрометаллургия цветных металлов, 2013. 201 бет.
- 4 Д.А. Рогожников Комплексная гидрометаллургическая переработка многокомпонентных сульфидных промпродуктов, 2013. 184 бет.
- 5 Электронды ресурс: Мырыш. Металдың сипаттамасы, қасиеттері, шығу тегі және қолданылуы (<https://mineralpro.ru/minerals/zinc/>, соңғы кіру уақыты 30.03.2023).
- 6 Электронды ресурс: Мырыш (<https://chem.ru/cink.html>, соңғы кіру уақыты 04.04.2023).
- 7 Зак М.С., Чехова Е.Ф., Каримов Е.В.т Комплексная переработка труднообогатимого сырья, основанная на хлоридовозгонном обжиге в печах КС и гидрометаллургии хлоридо-возгонов // Сборник трудов «Комбинированные малоотходные процессы комплексной переработки труднообогатимых руд и продуктов тяжелой металлургии», 1999. 19-26 бет.
- 8 Л.Е. Саргсян, А.М. Оганесян Обжиг сульфидно-цинкового концентрата с получением преимущественно сульфатного продукта для эффективного выщелачивания, Государственный инженерный университет Армении (ГИУА), 2014. 95 бет.
- 9 Journal of Alloys and Compounds Wang, S., Liu, X., Zhang, Y., Li, D., & Wang, L. (2019). Electrodeposition of zinc from zinc sulfate solution using an in-situ carbon nanotube cathode, 1789. 36-42.
- 10 Reis, E. P., Bernardes, A. M., Ferreira, A. S., Lite, M. B., & Dantas, J. O. (2016). Electrodeposition of zinc from sulfate solutions using a rotating cylinder electrode. Journal of the Brazilian Chemical Society, 27(4), 649-655.
- 11 Конышев А.А., Донцова Е.Ф. Электрохимическое осаждение цинка из сульфатных электролитов // Технологии в металлургии. - 2017. - №4. - С. 29-34.
- 12 Беляев, А. И. А.И. Беляев, Е.А. Жемчужина Поверхностные явления в металлургических процессах - Государственное научно-техническое издательство литературы по черной и цветной металлургии, 2016. 172 с.
- 13 М. Лениздат Время свершений. История Ленинградского сталепрокатного завода, 2013. 182 с.
- 14 Ю.Д. Гамбург Гальванические покрытия. Справочник по применению , 2014. 216 с.
- 15 Б.М. Готлиб И.А. Добычин В.М. Баранчиков Готлиб Б.М. Основы статистической теории обработки металлов давлением - Металлургия, 2013.168 с.

16 И.Б. Кекало, Б.А. Самарин, Кекало И. Б. Физическое металловедение прецизионных сплавов. Сплавы с особыми магнитными свойствами Металлургия, 2013. 496 с.

17 М.Д. Климовицкий, В.И. Шишкинский, Климовицкий М. Д. Приборы автоматического контроля в металлургии - Металлургия, 2014. 296 с.

18 Н.А. Ночовная, Е. Анташев, Ночовная Н. А, Г. Черемушннкова Металлические материалы для эндопротезирования – ВИАМ, 2014. 910 с.

19 Г. Гранд, В.М.Пальм, В.А. Ломова. Гранд Г. Алюминий и его сплавы: физические и механические свойства их ; влияние на них химического состава, термической и механической обработки : с 84 фиг. и 76 фот. – Москва : Гос. техн. изд-во, 1926. – 116 с. ил., табл., граф. – (Инж.-пром. б-ка. Б. Сер.4 № VI-4).

20 4. Золотаревский В.С., В.С. Золоторевский, Н.А. Белов Металловедение литейных алюминиевых сплавов– Москва : МИСИС, 2005. – 374, [1]. с. ил. – (Металлургия и материаловедение XXI века). – Библиогр.350 назв.

21 У. Дж. Шлитт, "Выщелачивание карбонатных медных руд и концентратов", Minerals Engineering, том 3, № 5-6, стр. 587-597, 1990.

22 Дж. Дж. Экстин и М. Герике, "Использование тиосульфата при выщелачивании углеродистых золотых руд", Minerals Engineering, том 23, № 7, стр. 533-541, 2010.

23 А. Альфантази и Г. А. Хоуп, "Выщелачивание карбонатных минералов кислотными растворами: обзор", Minerals Engineering, том 14, № 2, стр. 135-146, 2001.

24 Ф. Дж. Алгуасил и Р. Падиля, "Выщелачивание карбонатной медной руды серной кислотой", Гидрометаллургия, том 66, № 2, стр. 105-112, 2002.

25 С. Р. Рао, "Карбонатное выщелачивание в металлургии урана", Гидрометаллургия, том 3, № 1, стр. 33-41, 1978.

26 М. Азизи, С. М. Дж. Колейни и М. Абдоллахи, "Выщелачивание цинка и железа из низкосортной руды оксида цинка в растворе лимонной кислоты", Обзор переработки полезных ископаемых и добывающей металлургии, том 36, № 5, стр. 337-345, 2015.

27 Б. Г. Рубен и Дж. Дж. Спарроу, "Выщелачивание карбонатсодержащих урановых руд подкисленным раствором сульфата железа", Металлургические труды В, том 8, № 4, стр. 559-564, 1977.

28 М. Оссео - Асаре и Д. В. Фюрстенау, "Выщелачивание карбонатной медной руды раствором, содержащим хлорид аммония", Гидрометаллургия, том 9, № 2, стр. 191-199, 1982.

29 Б. П. Дас и К. К. Прадхан, "Выщелачивание оксида цинка в кислом растворе", Гидрометаллургия, том 70, № 1-3, стр. 79-85, 2003.

30 А. Р. Герсон и Р. У. Хокинг, "Щелочно-кислотное выщелачивание карбонатсодержащих урановых руд", Журнал ядерных материалов, том 71, № 2, стр. 325-336, 1978.

31 Т. А. Нимейер, Х. Дж. Шмидт и Р. Клокенкампер, "Автоматизированная атомно-абсорбционная спектрометрия в Analytik Jena novAA", Журнал аналитической атомной спектрометрии, том 14, № 10, стр. 1631-1636, 1999.

32 Х. У. Кирби, "Сравнение атомно-абсорбционной спектрометрии в пламенной и графитовой печах с использованием Analytik Jena nevada", Письма по спектроскопии, том 35, № 4, стр. 463-476, 2002.

33 М. Монте-Байон, А. Санс-Медель и Р. М. Перес-Фернандес, "Видообразование по селену в биологических образцах методами переноса с использованием Analytik Jena novAA и Agilent 7500ce ICP-MS", Talanta, том 74, стр. 352-359, 2008.

34 Старожилов, Валерий Титович 33 Эколого-Геохимические Изменения Ландшафтов При Загрязнении Почв Дальневосточных Городов Тяжелыми Металлами: Учебное Пособие. Старожилов Валерий Титович. - Москва: Высшая школа, 2013. - 682 с.

35 Тихонова И. О., И.О. Тихонова В.В., Тарасов Н.Е. Кручинина. Экологический мониторинг атмосферы Инфра-М, 2012. 136 с.

36 Тюрикова, Г. Н. Социальная экология / Г.Н. Тюрикова, Г.Г. Ладнова, Ю.Б. Тюрикова - Академия, 2012. 208 с.

37 Большина Е.П. Экология металлургического производства: Курс лекций. Новотроицк: НФ НИТУ "МИСиС", 2012. 155 с.

38 А.М. Макашева Современные технологии и оборудование в металлургии учебное пособие Карагандинский технический университет – Караганда изд-во КарГУ, 2021. 98 с.

39 Синебрюхов Н. В. Безопасность труда в черной металлургии. «Металлургия», 1966.

40 Иовенко Э. Н. Автоматические анализаторы и сигнализаторы токсичных и взрывоопасных веществ в воздухе. «Химия», 1972.

41 Правила устройства и безопасной эксплуатации стационарных компрессорных установок, воздухопроводов и газопроводов. «Металлургия», 1973, 31 с.