

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

СӘТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ

Ө.А. Байқоңыров атындағы Тау-кен металлургия институты

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

Құдайберген Жұлдыз Нұрлыбекқызы

Шаймалау ерітінділерінен мысты бөліп алуға қоспалардың әсер етуін зерттеу

**ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС**

5B070900 – Металлургия мамандығы


Алматы 2019

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

СӘТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ

Ө.А. Байқоңыров атындағы Тау-кен металлургия институты

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

**ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ**  
МГЖ және АМТ кафедра  
меңгерушісі PhD докторы,  
техн. ғыл. кандидаты,  
қауымдас-ған профессор  
 Чепуштанова Т.А.  
« 13 » 05 2019 ж.

### ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС


Тақырыбы «Шаймалау ерітінділерінен мысты бөліп алуға қоспалардың  
әсер етуін зерттеу»

5B070900 – Металлургия мамандығы

Орындаған:

Құдайберген Ж.Н.

Ғылыми жетекшісі:  
PhD докторы, проф. ассис.

 Мамырбаева К.К.  
« 13 » 05 2019 ж.



Алматы 2019

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

СӨТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ

Ө.А. Байқоңыров атындағы Тау-кен металлургия институты

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

5B070900 – «Металлургия»

**БЕКІТЕМІН**

МІЖ және АМТ кафедра  
меңгерушісі PhD докторы,

техн. ғыл. кандидаты,  
қауымдас-ған профессор  
Чепуштанова Т.А.

« 13 » 05 2019 ж.



**Дипломдық жұмыс орындауға  
ТАПСЫРМА**

Білім алушы Құдайберген Жұлдыз Нұрлыбекқызы

Тақырыбы: Шаймалау ерітінділерінен мысты бөліп алуға қоспалардың әсер етуін зерттеу

Университет ректорының «08» қазан 2018 ж. № 1113-б бұйрығымен бекітілген Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі «03» мамыр 2018 ж.

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістері: әр түрлі типтегі экстрагенттердің қасиеттерін анықтау және экстрагент-терді таңдап алу; таңдап алынған АС(1:1) экстрагентімен мысты шаймалау ерітінділерінен бөліп алуды зерттеу.

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

а) Әдеби шолу;

б) Тәжірибелік бөлім;

в) Экономикалық бөлім;

г) Қауіпсіздік және еңбек қорғау бөлімі.

Сызбалық материалдар тізімі




Сызбалық материалдар 14 слайдпен көрсетілген

Ұсынылатын негізгі әдебиет 12 атау

Дипломдық жұмысты дайындау  
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекші мен кеңесшілерге көрсету мерзімі	Ескерту
Әдеби шолу	6.02.2019	
Тәжірибелік бөлім	19.03.2019	
Экономикалық бөлім	18.04.2019	
Қауіпсіздік және еңбек қорғау бөлімі	24.04.2019	

Дипломдық жұмыс бөлімдерінің кеңесшілері мен норма бақылаушының аяқталған жұмысқа қойған қолтаңбалары

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер, аты, әкесінің аты, тегі (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Экономика бөлімі	Мамырбаева К.К., PhD докторы, профессор ассистенті	18.04.2019	
Қауіпсіздік және еңбек қорғау бөлімі	Мамырбаева К.К., PhD докторы, профессор ассистенті	24.04.2019	
Норма бақылау	Көккөзов Д.Қ., Техника және технология магистрі	2.05.2019	

Ғылыми жетекші  Мамырбаева К.К.

Тапсырманы орындауға алған білім алушы  Құдайберген Ж.Н.

Күні « 15 » 01 2019 ж.

## АНДАТПА

Дипломдық жұмыс кіріспеден, 4 бөлімнен (әдеби шолу, тәжірибелік, экономикалық және қауіпсіздік және еңбек қорғау бөлімі), қорытындыдан және пайдаланылған әдебиеттер тізімінен тұрады. Бұл жұмыс компьютермен терілген 31 бетте келтірілген, соның ішінде 4 кесте және 6 сурет келтірілген. Пайдаланылған әдебиеттер тізімі 12 аталымнан тұрады.

Дипломдық жұмыстың мақсаты – шаймалау ерітінділерінен мысты АС (1:1) экстрагентімен бөліп алуды зерттеу.

Бірінші бөлімде мыстың кедей кендерін гидрометаллургиялық технолгиямен, соның ішінде «Шаймалау – экстракция – электролиз» технологиясымен бөліп алу әдістері туралы; шаймалау түрлері туралы; мысты бөліп алу кезеңдері туралы мәліметтер жазылған.

Екінші бөлімде зерттеуге таңдап алынған экстрагент – АС (1:1), сол экстрагенттің еріткіші – Shelsol 101 туралы мәліметтер, шаймалау ерітінділерінен мысты бөліп алуға қоспалардың әсер етуі туралы, Пурбэ диаграммалары және экстракция, реэкстракция процестері туралы мәліметтер көрсетілген.

Үшінші бөлімде зерттеу жұмыстарының экономикалық есептеулері мен мысты шаймалау ерітінділерінен бөліп алу процесін жүргізу кезіндегі еңбек қорғау іс-шараары, техника қауіпсіздігі және сақталатын ережелер туралы жазылған.

Өзекті сөздер: АС (1:1), Shelsol 101, гидрометаллургия, шаймалау, экстракция, экстрагент, мыс, күкірт қышқылы.

## АННОТАЦИЯ

Дипломная работа состоит из введения, четырех глав (обзор литературы, экспериментальной, экономической и безопасности охраны труда), заключения и списка использованной литературы. Работа описана на 31 страницах (набранные на компьютере), в том числе приведены 4 таблиц и 6 рисунков. Список использованной литературы состоит из 12 источников.

Цель дипломной работы – исследование извлечения меди из растворов выщелачивания экстрагентом АС (1:1).

В первой части приведен литературный обзор по переработке бедных медьсодержащих руд гидрометаллургическими технологиями, в том числе по технологии «Выщелачивание – экстракция – электролиз», виды выщелачивания, о стадиях извлечения меди.

В экспериментальной части представлена информация о свойствах выбранных для исследований экстрагента АС (1:1), о растворителе этого экстрагента - Shelsol 101, влиянии смесей на извлечение меди и растворов выщелачивания, методы определения ионов металлов в сульфатных растворах, диаграммах Пурбэ и о процессах экстракция, реэкстракция.

В третьем разделе представлены результаты экономических расчетов и рассмотрены мероприятия по охране труда и правила соблюдения техники безопасности во время проведения исследований процесса извлечения меди из растворов выщелачивания.

Ключевые слова: АС (1:1), Shelsol 101, гидрометаллургия, выщелачивание, экстракция, экстрагент, медь, серная кислота.

## ANNOTATION

The diploma work consists of an introduction, four chapters (literature review, experimental, economic and labor safety), conclusions and a list of used literature. The work is described on 31 pages (typed on the computer), including 4 tables and 6 figures. The list of used literature consists of 12 sources.

The purpose of the thesis is to study the extraction of copper from leaching solutions with AC (1:1) extractant.

The first part provides a literature review on the processing of poor copper-containing ores by hydrometallurgical technologies, including the technology of "Leaching – extraction – electrolysis", types of leaching, the stages of copper extraction.

The experimental part provides information on the properties of the selected for research extractant AC (1:1), the solvent of the extractant - Shelsol 101, the effect of mixtures on the extraction of copper and leaching solutions, methods for determining metal ions in sulfate solutions, the diagrams of Purbe and the about peculiar properties of extraction and stripping processes of copper.

The third section presents the results of economic calculations and discusses measures for the protection of labor and safety rules during the research process of extracting copper from leaching solutions.

Key words: AC (1:1), Shelsol 101, hydrometallurgy, leaching, extraction, extractant, copper, sulfuric acid.

## МАЗМҰНЫ

	Кіріспе	9
1	Әдеби шолу	10
1.1	Түсті металдарды алудың гидрометаллургиялық әдістері	10
1.2	Мыс туралы жалпы мәлімет	10
1.3	Кен мен концентраттан мысты гидрометаллургиялық әдіспен бөліп алу	12
1.3.1	“Шаймалау – экстракция - электролиз” технологиясы бойынша мысты бөліп алу схемасы	14
2	Тәжірибелік бөлім	18
2.1	Шаймалау ерітінділерінен мысты бөліп алуға қоспалардың әр етуін зерттеуге қажетті реагенттер мен жабдықтар, құрылғылар	18
2.1.1	Сульфатты ерітінділерде металл иондарын анықтау әдістемелері	18
2.1.2	Темір иондарын анықтау әдістемесі	19
2.2	Көпкомпонентті кенді шаймалау кезінде ерітіндіде болатын қоспалардың Пурбэ диаграммалары	20
2.2.1	Cu-S-H <sub>2</sub> O жүйесінің Пурбэ диаграммасы	20
2.3	Шаймалау ерітінділерінен мысты бөліп алуға қоспалардың әр етуін зерттеу	21
3	Экономикалық бөлім	25
3.1	Зерттеу жұмысын жүргізуге жұмсалған шығындарды есептеу	25
3.2	Ғылыми-зерттеу жұмысының жинақ қорын есептеу	25
3.3	Зерттеудің экономикалық нәтижелігін және рентабелдігін есептеу	25
4	Қауіпсіздік және еңбек қорғау бөлімі	28
4.1	Қауіпті және зиянды өндірістік факторларды талдау	28
4.2	Тартқыш шкафты есептеу	28
	Қорытынды	30
	Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	31
	А қосымшасы	32



## КІРІСПЕ

Мыс өндірісіндегі кендердің құрамы жағынан кедейленуіне және орнына қайта келмеуіне орай, Қазақстан Республикасының төмен сұрыпты кендерін тиімді және рационалды игеру мәселесі халық шаруашылығында айрықша орынды алады. Бұл мәселені шешу міндеттері заманауи геотехнология және гидрометаллургия әдістерін меңгеріп, оларды нақты өндіріс орындарына енгізуге негізделген және осы міндетті шешу ең маңызды мәселелердің бірі болып табылады. Тотыққан кен орындарында үймелі шаймалау, әрі қарай өнімді ерітіндіден негізгі мыс металын экстракция, содан кейін электролиз әдісімен алу өте тиімді болып саналады. Бұл технология мыстың селективтілігі жоғары экстрагенттердің көптеп синтезделуіне орай қазіргі кезде көптеген жерлерде тиімді түрде қолданылып келеді және олар көптеген компаниялармен өткен ғасырдан бастап (General Mills Ca, Ashland Chemical Ca, Shell, Henkel, Cognis) өндіріс орындарына енгізіле бастады. мұндай селективті реагенттердің қатарына кетондар мен олардың альдоксимдер мен кетоксимдерден, модификацияланған тридеканола немесе нонилфенол негізіндегі көптеген реагенттерді жатқызуға болады. Қазіргі кезде нарықта экстрагенттердің өте көп маркалары сатылымға қойылған. Өндіріс орнына байланысты шаймалаумен алынатын өнімді ерітінділер құрамы жағынан әр түрлі болып келеді, сондықтан алдын ала зерттеулер жүргізіле отырып, ұсынылған экстрагенттердің ішінен тиімді болатынын таңдап алу маңызды мәселе болып табылады.

Дипломдық жұмыстың өзектілігі – сульфатты ерітінділерден мысты шаймалау ерітінділерінен бөліп алу үшін тиімді экстрагентті таңдап алу.

Дипломдық жұмыстың мақсаты – таңдап алынған АС (1:1) экстрагентімен мысты шаймалау ерітінділерінен бөліп алуды зерттеу.

Қойылған мақсатты жүзеге асыру үшін келесідей міндеттер қойылды:

- әр түрлі типтегі экстрагенттердің қасиеттерін анықтау және экстрагенттерді таңдап алу;

- берілген экстрагентпен мысты бөліп алуды зерттеу және басқа металдармен салыстыру;

- зерттеу жұмыстарына кеткен шығындарды есептеу және қолданылатын реагенттерден қорғану және қауіпсіздік шараларын қарастыру.

Дипломдық жұмыстың жаңалығы – мысты АС (1:1) экстрагентімен шаймалау ерітінділерінен бөліп алу мүмкіндігі.

Дипломдық жұмыстың тақырыбы бойынша зерттеулер Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ Ұлттық Техникалық Зерттеу Университетіндегі «Металлургиялық процестер, жылу техникасы және арнайы материалдар технологиясы» кафедрасындағы зертханаларында жүргізілді.

## 1 Әдеби шолу

### 1.1 Түсті металдарды алудың гидрометаллургиялық әдістері

Қазіргі металлургияның маңызды мәселесі - түсті металдар өндірісін қалдықсыз немесе азқалдықты өндіріске айналдыру. Қалдықтар мәселесі минералды шикізаттың барлық компоненттерін толық пайдаланумен тікелей байланысты. Шикізаттың қолданылмаған компоненттері оларды зиянсыздандыру және қоймаландыру немесе көму үшін шығындарды талап етеді. Металлургиялық өндіріс қалдықтарының зиянсыздандырылған өнім түрінде де қоршаған ортаға келтіретін, зияны бар, өйткені олардың үлкен территориясы және сыртқы жағдайлар әсері систематикалық бақылауды талап етеді. Қазіргі кездегі технологиялар қоршаған ортаны қорғау талаптарына сай болуы керек, зиянды бөлінулердің көздері болмауы және экожүйеге кері әсерін тигізбеуі шарт. Бұл жағдайлар қазіргі уақытта металлургиялық өндірістер орналасқан аймақтарда, қоршаған ортаның ластану деңгейі ауыспалы қиын кезеңге жақындағанда маңызды болады. Жоғарыда келтірілген мәселелер белгілі мөлшерде шикізатты өңдеудің гидрометаллургиялық әдістерін қолдану кезінде шешіледі [1].

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

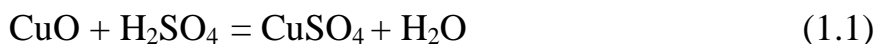
### 1.2 Мыс туралы жалпы мәлімет

Мыс (лат. Cuprum) Менделеев кестесінің I тобында орналасқан химиялық элемент, атомдық нөмері 29, атомдық массасы 63,546. Табиғи мыс 2 нуклеидтен тұрады  $^{63}\text{Cu}$  (69,09 пайыз) және  $\text{Cu}^{65}$  (30,91 пайыз). Мыс атомының сыртқы екі электронының қабатының конфигурациясы  $3s^2p^6d^{10}4s^1$ . +2 (II валентті) және +1 валентті қышқылды қосылыстар түзеді.

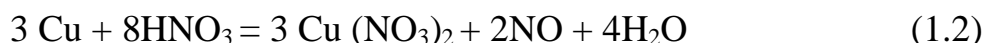
*Физикалық және химиялық қасиеттері:* тығыздығы  $8,92 \text{ г/см}^3$ , балқу температурасы  $1083,4 \text{ }^\circ\text{C}$ , қайнау температурасы  $2567 \text{ }^\circ\text{C}$ . Мыс жылу өткізгіштігі ең жоғары және электрлі қарсылығы ең аз металдардың бірі болып келеді ( $20 \text{ }^\circ\text{C}$   $1,68 \cdot 10^3 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ ) [2].

Құрғақ атмосферада мыс өзгермейді. Ылғалды ауада көмірқышқыл газының қатысуымен мыстың бетінде жасыл қабат түзіледі  $\text{Cu}(\text{OH})_2$ . Ауада күкіртті газ және күкіртті сутектің қалдықтары болатындықтан металды мыстың бетінде күкіртті қосылыс болады. Ауада оксидті қабаттың пайда болуынан мыс қараяды. Бірінші  $\text{Cu}_2\text{O}$ , сосын  $\text{CuO}$  оксиді түзіледі.

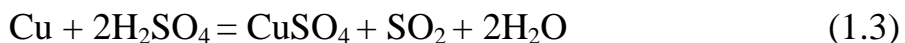
$\text{CuO}$  қышқылмен әрекеттесуінен мыс (II) тұзы түзіледі.



3 пайыз азот қышқылымен реакция былай жүреді:



Концентрациялы күкірт қышқылымен мыс қатты қыздырғанда әрекеттеседі.



*Табиғатта кездесуі:* жер қыртысында мыс мөлшері  $5 \cdot 10^{-3}$ . Мыс табиғатта таза түрінде өте сирек кездеседі (ең үлкен мыстың таза 420 тонна Солтүстік Америкадан табылған). Кенде сульфатты руда түрінде кеңінен қолданылады: халькопирит  $\text{CuFeS}_4$  (30 пайыз мыс), ковеллин  $\text{CuS}$  (64,4 пайыз мыс), халькозин  $\text{Cu}_2\text{S}$  (79,8 пайыз мыс), борнит  $\text{Cu}_5\text{FeS}_2$  (53 - 65 пайыз мыс). Сонымен қатар мыстың оксидті минералдары да көп: куприт  $\text{Cu}_2\text{O}$ , (81,8 пайыз мыс), малахит  $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$  (57,4 пайыз мыс). Құрамында мыс бар 170 - тен астам минерал кездеседі, соның ішінде 17 - сі өндірістік масштабта қолданылады.

Түсті, сирек және асыл металдардың қолдану аймағы кеңейген сайын оның тазалығына өте жоғары талап қойылуда. Бай кендердің азаюынан таза металл алу қиындай түсуде, ал металлургия өндірісінде құрамында аз ғана бағалы зат бар шикізат жіберілуде (мыс 1 -3 пайыз - дан төмен).

Мыс өндірісі соңғы 50 жылда орта есеппен жылдық өндірісі 6 пайыз - ға жетті. Нәтижесінде 2009 жылы бұл көрсеткіш 18,3 млн. тоннаны құрады. Өткен жылдың қорытындысы бойынша Қытай, Чили, Жапония, АҚШ және Ресей мемлекеттері мыс өндіруден көш бастап тұр. Жалпы айтатын болсақ, ең көп мыс Азияда өндіреді ( 43 пайыз ), Америкада ( 32 пайыз ) және Еуропада ( 19 пайыз ) өндіреді, ал Австралияда бар болғаны 2 пайыз [3].

Қазақстанда мыстың едәуір мөлшердегі қоры бар (қор бойынша дүние жүзінде 4 орын) және дүние жүзінде мыстың 4 пайыз, ТМД бойынша 30 пайыз шығарады.

*Қазақстандағы мыс кендері.* Қазақстанның мыс кендері Қалба, Нарын жоталарында, Кенді Алтайда, Ертіс, Есіл бойында, Балқаш маңында, Сарыарқа, Жетісу, Қаратау, тағы басқа көптеген аймақтарда кездеседі (картаны қ.). Б.з.б. 2-мыңжылдықтың бас кезінен бастап б.з.-дың басына дейін көптеген мыс кендерінің (Жезқазған, Кенқазған, Алтынтөбе, тағы басқа) негізінде Қазақстан

мыс пен қола өндірісі жөнінен еуразиялық ең ірі орталықтарының бірі болды. Қазу жұмыстарының көлемі шамамен Жезқазғанда 1 млн т-ға, Кенқазғанда 800 мың т-ға дейін жеткен. Көбінесе тотыққан кентастар өндірілген.

Мыс кендері Қазақстанның көптеген территорияларында таралған. Алтай тауларынан бастап республикамыздың батыс шекараларына дейін мыс кендері барланған. Мыстың ірі кен орындары Сарыарқада, Жетісу, Жоңғар Алатауында, Шыңғыс және Мұғалжар тауларында, Батыс Торғайда, Теңіз ойпатында, Ақтөбе маңында, Маңғыстауда, Атбасар-Терісқанда, Солтүстік Қазақстанда, Балқаш маңында, Тарбағатай, Сәуір тауларында және тағы басқа орналасқан. Дүние жүзіне белгілі мыс кен орындары Қоңырат, Бозшакөл, Саян, Жыланды, Ақтоғай, Жезкент, Шиелісай және тағы басқа еліміздің ұлттың байлығы болып табылады. Мысты кендерден, сонымен қатар, қорғасын, цинк, молибден, күкірт және тағы басқа компоненттер алынады. Қазақмыстың пайдалануында 17 кеніш бар. Олардың көпшілігі жерасты кеніштері, десек те солардың арасында бірнеше ашық кеніштері де бар. Мысты құмтастардың ең ірі кен орны Жезқазған. Жезқазған кен орны ТМД бойынша бірінші, дүние жүзінде екінші орында. Қазақстан мыс өндіру жағынан дүние жүзінде жетінші орын Өнімнің 92 пайызы шет елге шығарылады.

Қазақстандағы мыс өндіретін өндіріс орындарының бірі Ақтоғай –Балхаш өзенінің шығысында орналасқан кен орны, екі түрлі рудадан тұрады: оксидті және сульфатты. Оксидті руданың қоры 119 млн. тонна,оның 0,3 пайыз мыс,ал сульфитті руда 1,27 млрд. тонна мыс 0,3 пайызын құрайды.

Бұл кен орнын эксплуатацияға енгізу 2015 – 2016-ға жоспарлануда, жылына 100 мың тонна мыс концентраты шығарылады деп күтілуде [4].

Мыс өндірісінде гидрометаллургиялық әдіске көбірек көңіл бөлінуде. Жыл сайын кен орындары кедейленуде және оны пирометаллургиямен өңдеу қиындай түсуде, соның салдарынан мысты гидрометаллургиялық әдістермен өңдеу маңызды болып тұр.

### **1.3 Кен мен концентраттан мысты гидрометаллургиялық әдіспен бөліп алу**

Мысты кен мен концентраттан гидрометаллургиялық өңдеу қиын гетерогенді процесс. Бұл процестің жүру жылдамдығы еріткіштің химиялық қасиеттеріне,оның құрамына,сонымен қатар мыс минералдардың структурасы мен химиялық қасиеттеріне байланысты.

Кендегі металдың құрамына, физикалық - химиялық қасиеттеріне, геологиялық және климаттық жағдайларына байланысты мыс рудасы мен концентрациясын гидрометаллургиялық өңдеу агитациялық, автоклавты, перколяциялық, жерасты шаймалаумен жүреді.

Мысты өндіру кезіндегі пирометаллургиялық және гидрометаллургиялық технологиялар мына факторлар бойынша анықталады:

- құрамында мыс халькопирит түрінде кездесетін сульфатты рудаларды өңдеу үшін көп жағдайда балқыту және күйдірумен жүретін флотациялық

байыту технологиясын қолданады, ал қышқылды рудаларды өңдеу “экстракция - электрлі тұндыру” технологиясын пайдаланады;

- кен құрамында едәуір көлемде басқа металдар болса, мысалы бағалы немесе басқа негізгі металдар, ондай жағдайда балқыту немесе күйдіру процесін қолданады;

- технологияны таңдауға кен құрамындағы бос жыныстың түрі және көлемі әсер етеді;

- кен құрамындағы мыстың мөлшеріне байланысты әртүрлі технологияда өңделеді [5]. Егер кенде мыс көп болса, онда пирометаллургиялық әдіспен, мыс аз болса гидрометаллургиялық әдісті қолданады.

Кедей кенді шаймалау кезінде алынатын өнімді ерітінділердегі мыстың мөлшері әдетте көп болмайды, бірнеше грамнан бастап 4-5 г/дм<sup>3</sup> дейін жетеді. Мысты өнімді ерітіндіден бөліп алу үшін әрі қарай цементация немесе органикалық еріткіштермен экстракциялау әдістері қолданылады. Бірақ цементация әдісімен алынған мыстың сапасы органикалық еріткішпен экстракциялап алынған мыстың сапасымен салыстырғанда төмен болатындығы көптеген зерттеулер барысында анықталған.

Осыған орай, соңғы жылдары экстракция-электролиз әдісімен алынған мыстың сапасы ең жоғарғы стандарттарға жауап беретіндігіне жылдан жылға осы әдіспен өндірілетін мыс үлесінің жоғарылауы дәлел болып отыр.

Осыдан, зерттеушілердің назары хелаттүзуші экстрагенттермен мысты бөліп алуға аударылды. 1965 жылдан бастап «General mills» (АҚШ) фирмасы күкірт қышқылды және аммиакты ерітінділерден мысты сұрыптап бөліп алатын экстрагенттерді (Lix 63, Lix 64 N, Lix 70 және тағы басқа) патенттеп, шығара бастады.

Мысты бөліп алудың экстракциялық әдістері 1980 - 1990 жылдардан бастап кеңінен қолданылуда. Экстракция әдісімен мысты бөліп алудың сапасына мына факторлар маңызды әсерін тигізеді: өнімді ерітіндінің құрамында өзге қатты бөлшектердің болуы, еріген кремнезем мен хлоридтер және нитраттар, өнімді ерітіндінің рН мәні, өнімді ерітіндідегі мыстың үлесі. Шаймалау кезінде алынатын барлық қатты ерітінділерде аспалы қатты бөлшектер міндетті түрде болады. Олар үймедегі ұсақ бөлшекті қатты бөлшектердің ерітіндіге өтуінен пайда болады.

Көбінде ерітіндіде олардың мөлшерінің көп болуы мына себептерге байланысты:

- атмосфералық жауын-шашынның көп болуы;
- шаң борандардан;
- жаңа үймелерде шаймалауды жүргізу кезінде беттегі бөлшектердің қозғалуынан;
- ұсақ бөлшектердің әр түрлі агломерациялануынан;
- шаймаланатын кеннің құрамында ұсақ бөлшектердің аса көп болуынан;
- үйменің бұрышының бұзылуынан немесе «жуылуынан».

Еру заңдылықтары түрлеріне қарай әр түрлі тәртіппен жүреді. 1-кестеде (А қосымшасында келтірілген) мыс минералдарының еру реакциялары келтірілген [6].

Мысты экстракциялық бөліп алу – төрт негізгі кезеңді қосатын технология:

- күкірт қышқылында мыстың еруі (шаймалау);
- мысты экстракция арқылы органикалық ортаға бөліп алуы;
- органикалық фазадан электролит бөлінуімен, мыстың реэкстракциясы;
- электролиттен мыстың катодты электротұндырылуы.

Бұл кезеңдер, төменде көрсетілгендей, технологиялық тізбекте байланыстырылған (1-сурет):



1 Сурет – Мысты бөліп алу кезеңдері

Экстракцияның және реэкстракцияның әр кезеңінде органикалық фаза бірінші сулы фазамен араласады, содан кейін одан бөлініп бастайды. Кеннің минералдық құрамының тәуелділігіне қарай мысты экстракциямен бөліп алу технологиясын қолдану арқылы тазалығы жоғары катодты мысты алуға және процестің жоғары экономикалық тиімділігін қамтамасыз етуге болады.

### 1.3.1 “Шаймалау-экстракция-электролиз” технологиясы бойынша мысты бөліп алу схемасы

Соңғы жылдары гидрометаллургиялық жолмен, оның ішінде үйіндіні шаймалаумен біріншілік мысты өндіруде 20 пайыздан көпті құрап отыр, мамандардың пікірі бойынша осы әдіс түсті металдар өндірісіне көптеп енгізілетін болады. Бұл үстіміздегі ғасырда пайда болған технологиялық және әлеуметтік-экономикалық мәселелермен, атап айтқанда кендегі негізгі металдардың үлесінің азаюына, энергетикалық ресурстардың бағасының артуына, қоршаған ортаны қорғау талаптарының күшеюіне байланысты.

Мысты гидрометаллургиялық әдіспен алудың негізгі мәселелері:

- 1) металды тотыққан және аралас кендерден алу;
- 2) металды қалдықты және кен суларынан алу;

3) басқа әдістердің экономикалық көрсеткіштері бойынша өңдеуге келмейтін кедей кендерден металды бөліп алу болып табылады.

Кендер мен концентраттардан мысты гидрометаллургиялық жолмен алу күрделі гетерогенді процесс болып табылады, оның жылдамдығы еріткіштің химиялық табиғатымен, оның құрамымен, сонымен бірге мыс минералдарының құрылымы мен химиялық қасиеттерімен анықталады.

Кендегі металдың үлесіне, минералдардың физика-химиялық қасиеттеріне, кен орнының қуаттылығына, тау-геологиялық және климаттық жағдайларға байланысты мыс кендері мен оның концентраттарын өңдеудің гидрометаллургиялық тәсілдері агитациялық, чандық, перколяциялық, жер асты және үймелі шаймалау арқылы жүргізіледі .

*Үймелі шаймалау* циклінің ұзақтығы төгінділерге қарағанда, айтарлықтай жоғары. Тотыққан минералдар 1 айдан 4 айға дейінгі уақытта ериді, ал екіншілік сульфидтер – 6 айдан 12 айға дейінгі аралықта. Сульфидтерді шаймалау кезінде үйменің аэрациясын қолданады, сонымен қатар, минералдардың еру жылдамдығын арттыру үшін бактериялар қолданылады. Әдетте, зертхана жағдайында шаймалау процесін модельдеуге болады, олар, ереже бойынша, объект жобалық көрсеткіштерге шыққанға дейін жүргізілу керек. Мысал ретінде Quebreda Blanca, Cerro Colorado және Girilambone кәсіпорындарын келтіруге болады.

Үймелі шаймалау әдісімен кедей кендерді өңдеу тиімді, себебі байыту әдістері экономикалық жағынан қымбат болатын ескі және жаңа кен қазбаларының қалдықтарын өңдеуге мүмкіндік береді.

*Жер асты шаймалау* кезінде еріткіш дренаж үшін кен қабаты арқылы минералдандырудың зонасына не бетіне айдалады, немесе құйылады. Құрастырмалы құдықтар өнімді ерітінділерді жинауға және көтеруге арналған сорғылармен жабдықталады. Мұндай өндіру әдісімен металды бөліп алуды, көп жағдайда, анықтау мүмкін емес. Бірақ үймелі шаймалаудан, тіпті, төгінділер шаймалауынан да, әлдеқайда, төмен болатынын күтуге болады. Жер астында ерітінділердің орын ауыстыруын қадағалау үлкен қиындық туғызады. Мысал ретінде El Teniente, ВНР Magma кәсіпорындарын келтіруге болады.

*Перколяциялық шаймалау* еріткіш дренажымен жүргізіледі, жарылыс нәтижесінде кен қабатына айдалады немесе құйылады. Құрастырмалы құдықтар, жер асты шаймалауы сияқты, орнында шаймалау кезінде де, өнімді ерітінділерді жинауға және көтеруге арналған сорғылармен жабдықталады. Мұндай өндіру әдісімен металды бөліп алуды, көп жағдайда, анықтау мүмкін емес; үймелі және төгінділер шаймалауларынан төмен, бірақ жер асты шаймалауынан жоғары болатынын күтуге болады. Ерітінділердің жер астында орын ауыстыруын қадағалау жеткіліксіз, бірақ жер асты шаймалауға қарағанда жоғары. Мысал ретінде, Asarco Silver Bell, Gunpowder Copper and Myanmar Ivanhoe Copper Company кәсіпорындарын келтіруге болады.

Кендердің немесе концентраттардың *агитациондық шаймалануы* агитаторларда жүргізіледі, кейіннен, таза ерітінді алу үшін қатты мен сұйықтың бөліну операциясы жүреді. Бұл әдістің қолданысы, әдетте, байыту процестерінің

экономикалық көрсеткіштерімен шектеліп қалады, себебі ұнтақтау процесі қымбат тұрады.

*Чандық шаймалауға* ұсақталған кен ұшырайды. Әдетте, мұндай әдісті еру процесінің жоғары жылдамдығы кезінде және құрамында бөлінетін металдың жоғары мөлшері бар, тотыққан кен үшін қолданады. Өнім ерітінділері құрамында үймелі шаймалау кезіне қарағанда, металл көбірек; ол процестің жоғары жылдамдығымен және шаймаланатын материалдардағы металдың жоғары мөлшерімен қамтамасыз етіледі.

*Қысыммен шаймалау* – жаңа технология, оның көп бөлігі әлі зерттелу үстінде. Ол жоғары сапалы кендер мен концентраттар үшін қолданылады. Мысалы, Albion Process, CESL Process, Mt. Gordon Process және Phelps Dodge Process. Өнімді ерітінділер сапа жағынан, басқа процестерге қарағанда, жақсырақ [7].

Қазіргі кезде құрамында 0,3 - 0,4 пайыз Cu бар төмен сұрыпты кендерден мысты химиялық шаймалаумен қатар бактериялық шаймалау да қолданылып жатыр. Құрамында 0,2 - 1,5 пайыз мыс бар сульфидті және аралас кендерді үйінділік бактериялық шаймалау шетелде 10 - нан астам кәсіпорындарда, негізінен АҚШ пен Чилиде, Австралияда, Африкада кеңінен таралған. Осы шаймалау әдісімен бұл елдерде уран, алтын, күміс алынады. Қорғасынды, мырышты, вольфрамды, және тағы басқа металдарды шаймалайтын әдістер патенттелген. Бұл елдерде осы әдістермен алынған өнімді ерітіндіні әрі қарай SX-EW (сұрыптап экстракциялау және электролиз) технологиясымен өңдеу қабылданған. Кедей кендерді осы технологиямен өңдеудің экономикалық және экологиялық жағынан тиімді болуымен қатар, оның артықшылығы - соңғы алынатын металдың тазалығы 99,999 - 99,9995 пайызға жетеді .

*“Шаймалау – экстракция - электролиз” технологиясы бойынша* (2 - сурет) процестің бірінші сатысында аралас кенді күкіртті қышқылмен шаймалау жүргізіледі. Бұл үшін қышқылды кеннен үйінді жасалады, ұсақтылығы әр түрлі кендерден шамамен 5 - 6 м. Одан соң шаймалаудан алынған сұйықтық экстракцияға жіберіледі. Алынған органикалық фаза реэкстракцияға жіберіледі, содан кейін регенерация жасалады да қайтадан экстракцияға жіберіледі, ал реэкстракциядан алынған сулы фаза электролизге жіберіледі.

Өндірістік практикаға экстракция процесін енгізу үшін зерттеу кезінде әдетте таралу коэффициентіне әсер ететін факторларды қарастырады [8]. Барлық таралу коэффициентіне әсер ететін факторларды зерттей келе, мыналарды бөліп көрсетуге болады:

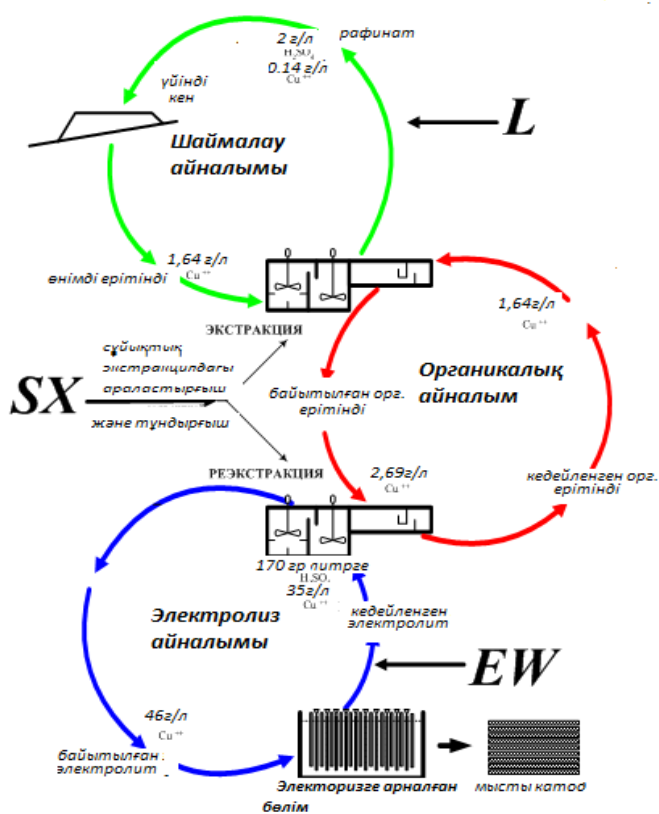
- таңдап алынған лабораториялық қондырғының тепе-теңдік уақыты;
- қышқылдың концентрациясы және ерітіндінің рН;
- әр түрлі аниондардың концентрациясы;
- катион концентрациясы;
- экстрагенттің құрылымы;
- температурасы;
- сұйылтқыш;
- процесс механизмі;



– таңдап алынған аппаратағы масса алмасу жылдамдығын есептеу және оған әсер етуші факторларды анықтау.

Алынған мәліметтерге сүйене отырып система таңдалады және экстракцияның инженерлік сұрақтары шешіліп жартылай өндіріске жіберіледі.

Бастапқы экстракция бойынша зерттеулерді шағын апараттарда жүргізеді. Осы зерттеулерден кейін ең жақсы экстрагент таңдалады және берілген системаға сәйкес экстракцияның шарттарын анықтайды. Содан соң шағын масштабта үздіксіз жүретін экстракцияға зерттеулер жүргізеді, ал алынған мәліметтерді үлкен масштабта жүргізетін процесті шамалайды [9].



2 Сурет – “Шаймалау – экстракция - электролиз” технологиясы бойынша мысты бөліп алу схемасы ( L – SX – EW )

## 2 Тәжірибелік бөлім

### 2.1 Шаймалау ерітінділерінен мысты бөліп алуға қоспалардың әр етуін зерттеуге қажетті реагенттер мен жабдықтар, құрылғылар

*Ерітінділерді жасауға қажетті реагенттер:*

- күкірт қышқылы, концентрациясы жоғары, тығыздығы 1,84 г/см<sup>3</sup>;
- натрий гидроксиді – NaOH кристалдар түрінде;
- натрийдің тиосульфаты, 0,12 нормальды;
- мыс, темір, никель және кальций сульфаттары, химиялық таза маркалы;
- АС (1:1) экстрагенті;
- АС (1:1) экстрагентінің еріткіші – Shelsol 101.

*Құрылғылар мен шыны ыдыстар ретінде келесілер қолданылды:*

- шыны араластырғышы, химиялық өлшеуіш шыны колбалар, конусты колбалар, титраторлар, мензурка, бөлгіш колба,.
- экстракторлар – ЭЛ-100
- иономер 103-И;
- температураны реттейтін магнитті араластырғыш - MSH-300i;
- техникалық және аналитикалық таразылар.

#### 2.1.1 Сульфатты ерітінділерде металл иондарын анықтау әдістемелері

*Мыстың сульфатты ерітіндісінен алдымен конусты колбаға көлемі 5 мл сынама - аликвота алып оны арнайы дайындалған колбаға құяды да оны дистилденген (50 мл) сумен араластыру қажет.*

Сол дайындалған колбадағы ерітіндіге массасы 1 г калий йодиді (KI) тұзының өлшендісі салынады. Содан кейін колбада тотығу-тотықсыздану реакциясы жүру себебінен ақшыл мөлдір емес түске боялады.

Дайындалған қоңыр сары түсті ерітінді әрі қарай концентрациясы 0,1 N натрий тиосульфаты ерітіндісімен Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub> титрленеді. Колбадағы ерітінді осы реактивпен өзара әрекеттесіп ақ-сары түске өзгереді, содан кейін ерітіндіде мыс иондарының бар екендігін бақылау үшін оған 1 пайыз крахмал ерітіндісінің 1 тамшысы тамызылады. Осы тамшыдан ерітіндінің түсі өзгертін болса, яғни көк түске, онда титрлеуді ерітінді ақшыл болғанша титратордағы натрий тиосульфатының (Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub>) ерітіндісі көмегімен титрлеуді жалғастыру қажет. Осыдан кейін ол колбадағы ерітіндінің түсі өзгермеуі тиіс. Өзгермеген кездегі титратордағы 0,1 N Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub> көлемі жазылады. Осы көлемді пайдалана отырып, ерітіндідегі мыс иондарының концентрациясы келесі формула арқылы есептелуі тиіс:

$$C = \frac{V \cdot T}{a} 1000, \text{ мл/см}^3 \quad (2.1)$$

Осы формуладағы а – бастапқы ерітіндіден алынған сынама - аликвота;  
 $T_{Cu}$  –титрлеуде қолданылған 0,1 N  $Na_2S_2O_8$  ерітіндінің Cu бойынша титрі, г/мл;  
 $V$  – 0,1 N  $Na_2S_2O_8$  көлемі, мл.

### 2.1.2 Темір иондарын анықтау әдістемесі

*Ерітіндідегі  $Fe^{3/2}$  анықтау.* Әдіс тұз қышқылы қосылған ерітіндідегі темірді сульфосалицилді қышқыл индикаторы арқылы трилон «Б»-мен титрлеуге негізделген және комплекспен байланысып күлгін-қызғылт түсте болады. Трилон «Б» - мен титрлеу кезінде бұл комплекс бұзылып, темір сары түсті басқа комплекске – темір триолатына өтеді [10].

Эрленмейер конустық колбасына зерттелетін ерітіндінің 5 мл аликвотасы алынады, колбаның түбіне тұнба түзілгенше аммиакпенбейтараптандыру жүргізу қажет және оған 5 мл HCl, 50 мл жылы дистилденген су, 2 мл  $C_7H_6O_6S$  - сульфосалицилді қышқыл қосылады.

Осы реактивтердің өзара әрекеттесуінен ерітінді күлгін-қызылдау түске боялады, оны 0,1 М Трилон Б ерітіндісімен сары түске дейін титрлеу қажет. Шығындалған Трилон Б ерітіндісі шығыны көлеммен жазып алынады. Бұл көлем  $Fe^{3+}$  иондарын анықтауға жұмсалады және оны  $V_1$  деп белгілейді. Ал сыналатын ерітінді көлемінде  $Fe^{2+}$  бар екендігін білу үшін 0,1 г аммоний персульфатын қосады. Соның салдарынан сынама ерітінді күлгін-қызғылт түске боялса, ерітіндіде  $Fe^{2+}$  бар болғанын көрсетеді. Оны әрі қарай түссіз Трилон Б- мен титрлеу қажет. Сынамада тағы да  $Fe^{2+}$  қалғанын білу үшін сынамаға тағы да аз көлемде  $(NH_4)_2S_2O_8$  ерітіндісін тамшымен қосу қажет. Жалпы Трилон Б титрлеуге кеткен көлемі жазылып алынып, оны есептеуде  $V_2$  ( $(NH_4)_2S_2O_8$  ерітіндісін қосқаннан кейінгі) деп қолданады.

Сынамадағы  $Fe^{3+}$ ,  $Fe^{2+}$  концентрациялары мына формулалармен есептеледі:

$$Fe^{3+} = \frac{T \cdot N \cdot 1000}{ал} \cdot V_1; \quad (2.2)$$

$$Fe^{2+} = \frac{T \cdot N \cdot 1000}{ал} \cdot V_2; \quad (2.3)$$

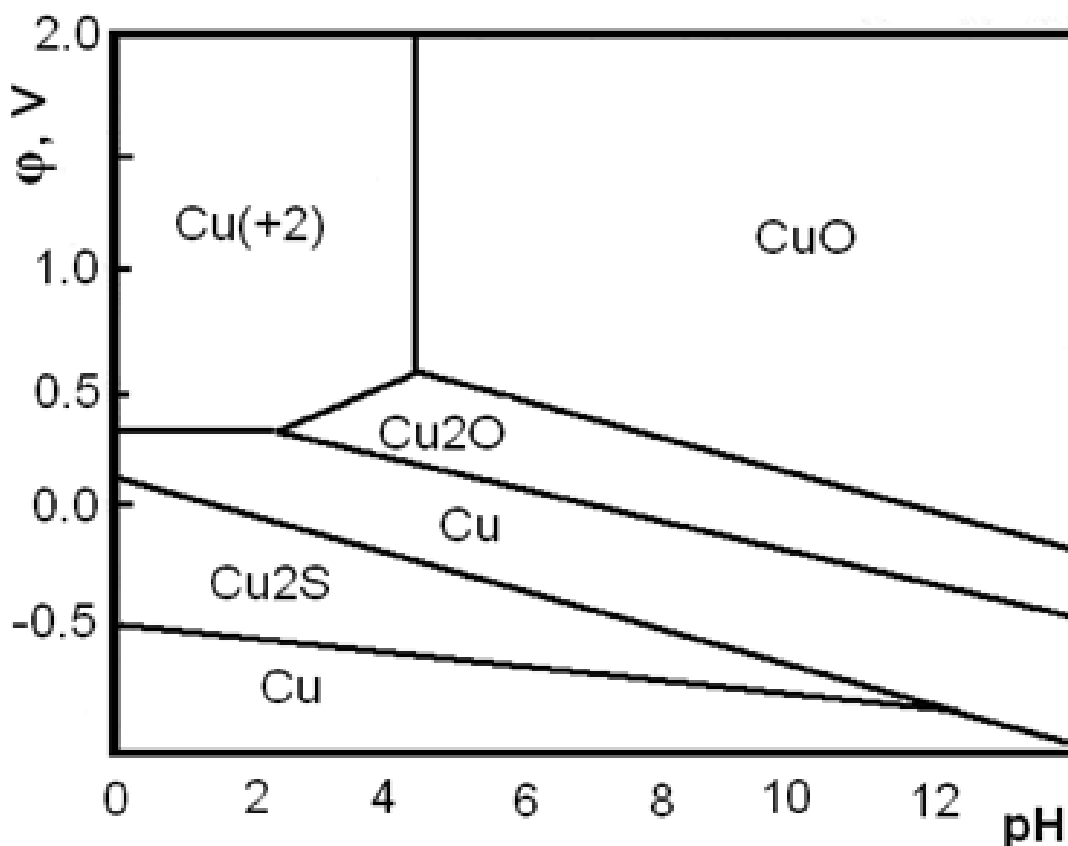
$$Fe^{3/2} = \frac{0,00279 \cdot 1000}{ал} \cdot V_{кет} = \frac{2,79}{ал} \cdot V_{кет}, \quad (2.4)$$

мұндағы  $T$  – Трилон Б ерітіндісінің  $Fe^{3/2}$  титрі, ол 0,00279 г ;  
 $V_1$  – Трилон Б ерітіндісінің  $Fe^{3+}$  титрлеуге кеткен көлемі, мл;  
 $V_2$  – Трилон Б ерітіндісінің  $Fe^{2+}$  титрлеуге кеткен көлемі, мл.  
 $a$  – сынама ретінде алынған ерітінді көлемі, мл.

## 2.2 Көпкомпонентті кенді шаймалау кезінде ерітіндіде болатын қоспалардың Пурбэ диаграммалары

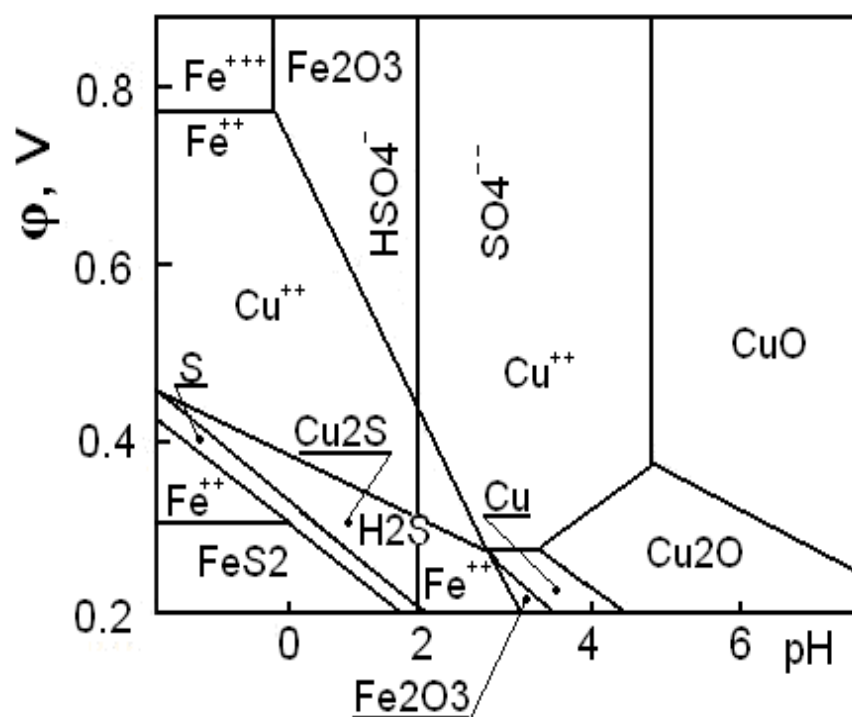
### 2.2.1 Cu-S-H<sub>2</sub>O жүйесінің Пурбэ диаграммасы

Cu-S-H<sub>2</sub>O жүйесінің Пурбэ диаграммасы термодинамикалық тұрақтыларды көрсететін Пурбэ диаграммасы (3-сурет) мыстың күкірт пен су ортасында потенциал 0-ден жоғары және 0-4 аралығында ион түрінде болатындығын көрсетеді.



3 Сурет - Cu-S-H<sub>2</sub>O жүйесінің «потенциал – рН» диаграммасы

Өнімді ерітіндінің құрамында мыспен қатар темір иондары болғандықтан қалыпты жағдайдағы Fe-Cu-S-H<sub>2</sub>O жүйесінің «потенциал – рН» диаграммасы қарастырылды. Мұнда да темірдің Fe<sup>2+</sup> және Fe<sup>3+</sup> иондарының ерітіндіде болуы потенциал 0-ден жоғары болғанда, рН 0-4 аралығында байқалады.



4 Сурет – Fe-Cu-S-H<sub>2</sub>O жүйесінің «потенциал – рН» диаграммасы

### 2.3 Шаймалау ерітінділерінен мысты бөліп алуға қоспалардың әсері туралы зерттеу

Көпкомпонентті қиын байытылатын кендерді күкірт қышқылымен шаймалау нәтижесінде құрамы келесідей ерітінді алынды (2-кесте):

2 Кесте – Көпкомпонентті кенді шаймалауда алынған сульфатты ерітіндінің құрамы

№	C <sub>Cu</sub> , г/л	C <sub>Fe</sub> , г/л	C <sub>Ni</sub> , г/л	C <sub>Mg</sub> , г/л
1.	3,3	1,1	0,8	0,7

3-кестеден көретініміздей, көпкомпонентті ерітіндінің құрамында мыстың концентрациясы, сонымен қатар бұл ерітіндіде темір мен никель иондарының концентрациясы да айтарлықтай жоғары. Әдеби шолу нәтижесінде мұндай көпкомпонентті ерітіндіден металдарды селективті бөліп алу үшін экстракция процесі тиімді.

Сульфатты ерітіндіден мысты АС (1:1) экстрагентімен бөліп алуды зерттеген кезде металдардың ішінен мыс барлық рН мәндерінде басқа металдарға қарағанда жоғары дәрежеде бөліп алынды, яғни ол 0-4 аралығында 0-ден 95 пайызға артты. Ал темір үшін бұл көрсеткіш 0-2,5 аралығында 0-ден 21 пайызға өсті де, әрі қарай рН мәні жоғары ортада, ол сары түсті тұнбаға түсті.

3 Кесте – Көпкомпонентті сульфатты ерітіндіден металдардың экстракциямен бөліп алу нәтижелері

рН	$C_{Cu}$ , г/л	$C_{Cu}$ , г/л	$E_{Cu}$ , пайыз	$C_{Fe}$ , г/л	$C_{Fe}$ , г/л	$E_{Fe}$ , пайыз
0,5	0,23	3,07	7	0,11	0,99	10
1,0	0,46	2,84	14	0,14	0,96	13
1,5	1,22	2,08	37	0,21	0,89	19
2,0	1,95	1,35	59	0,22	0,88	20
2,5	2,74	0,56	83	0,23	0,87	21
3,0	3,04	0,26	92	0,01	1,09	1
3,5	3,10	0,20	94	0,01	1,09	1
4,0	3,14	0,17	95	0,01	1,09	1

4 Кесте – Көпкомпонентті сульфатты ерітіндіден металдардың экстракциямен бөліп алу нәтижелері

рН	$C_{Ni}$ , г/л	$C_{Cu}$ , г/л	$E_{Ni}$ , пайыз	$C_{Mg}$ , г/л	$C_{Mg}$ , г/л	$E_{Mg}$ , пайыз
0,5	0,000	0,000	0	0,007	0,693	1
1	0,016	0,784	2	0,010	0,690	1,4
1,5	0,024	0,776	3	0,020	0,680	2,8
2	0,032	0,768	4	0,025	0,676	3,5
2,5	0,040	0,760	5	0,028	0,672	4
3	0,048	0,752	6	0,029	0,671	4,1
3,5	0,056	0,744	7	0,031	0,669	4,4
4	0,048	0,752	6	0,042	0,658	6

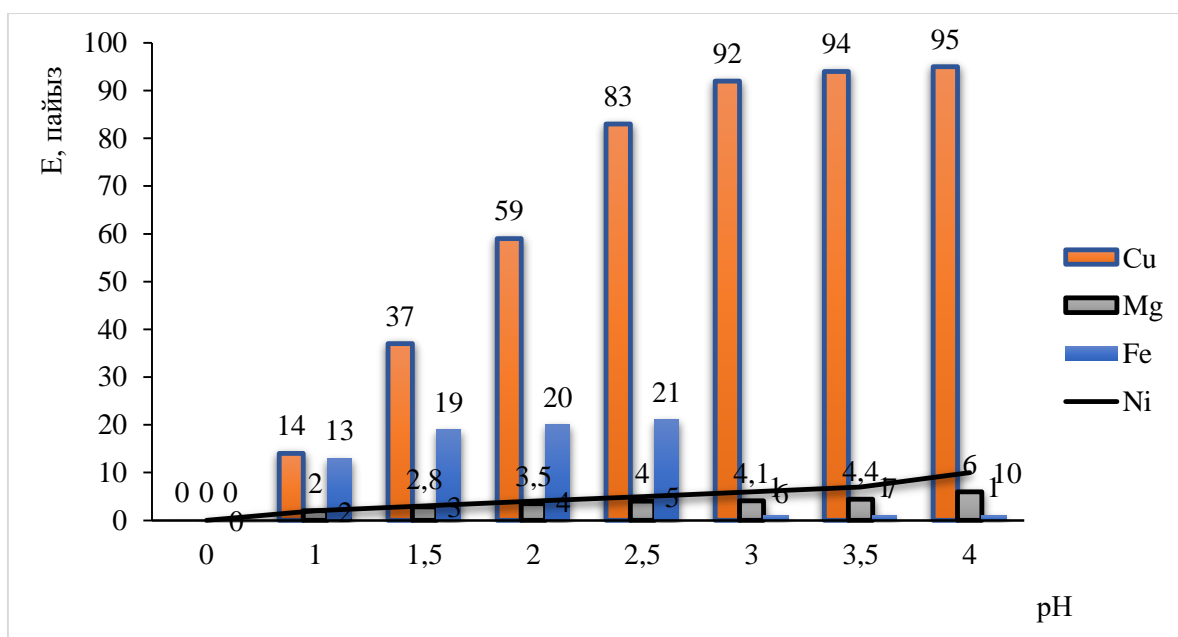
Никель иондары ерітіндінің құрамында болғанымен, оның экстрагент құрамына өтуі рН мәні 0-4 аралығында небары 0-ден 8 пайызға жоғарылады.

Тура осыған ұқсас көрсеткіштер магний металын экстракциялау кезінде алынды, яғни қышқылды ортадан экстракциялау дәрежесі 0-ден 8 пайызға ғана жетті.

Кальций иондарының экстрагентпен өзара әлсіз әрекеттесуі салдарынан оның бөліну дәрежесі рН 0-4 аралығында бары-жоғы 0-ден 7 пайызға жетті.

Осы алынған нәтижелер келесі графикте (5-сурет) кескінделген және мыстың басқа металдарға қарағанда экстракция дәрежесі өте жоғары болғандығын байқауға болады.

Келтірілген графикте мысты жоғары тазалықпен бөліп алуды жүзеге асыру шарты болып рН 2,5 - 4 аралығында, дәлірек айтқанда рН 3-4 аралығы болды.



5 Сурет – Сульфатты көпкомпонентті ерітіндіден металдарды селективті экстракциямен бөліп алу

Мыс иондарының рН 4 мәнінен жоғары облыста тұнбаға тұнуын есептегенде, тиімді экстракциямен мысты бөліп алу ортасы болып рН 3,5 болатындығы анық.

Дегенмен, бұл мәнің өзінде мысты никель, магний және кальций иондарынан толығымен экстракциямен тазартып бөліп алу үшін, экстракция изотермасын тұрғызу қажет. Ол бойынша жалпы өнімді ерітіндіден мысты бөліп алу үшін қанша саты керек екендігін есептеуге де болады.

Зерттеу барысында органикалық фазаға өткен металдардың реэкстракциясын жүргізу барысында күкірт қышқылының әр түрлі концентрациялары сыналды.

Реэкстракция жүргізудің әдістемесі:

Көлемі 25 мл органикалық фаза күкірт қышқылының әр түрлі концентрациясыменмына режимде реэкстракцияланды:

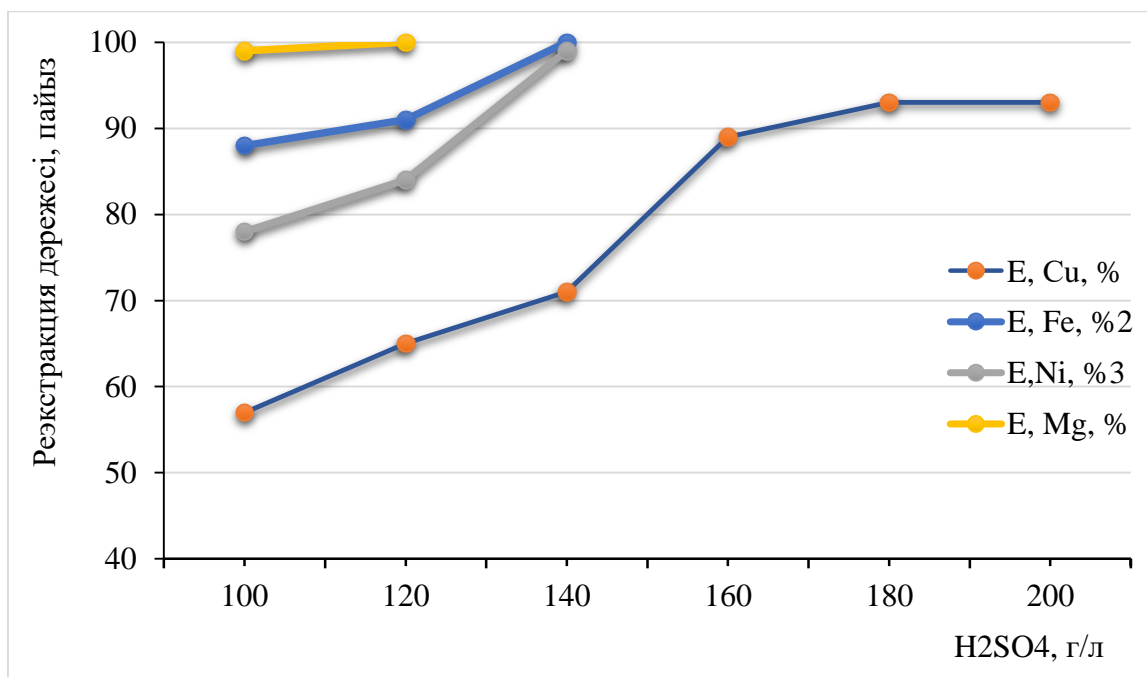
О:С – 1:1; температура 20 °С; араластыру уақыты – 10 минут, тұндыру уақыты – 5 минут.

Органикалық фазаның құрамындағы металдарды талдау қиын болғандықтан металдардың сулы фазадағы концентрациялары арқылы органикалық фазадағы металдардың концентрациялары есептеп табылды.

Барлық металл концентрациялары стандартты титрлеу әдістемелерімен табылды.

Реэкстракция процесінің тиімді жағдайларын анықтау үшін эксперименттер  $C_{(H_2SO_4)} = 100-220$  г/л ерітінділерімен жүргізілді. Барлық қышқыл ерітінділері тығыздығы 1,84 г/л, концентрациясы жоғары – 94 пайыздық болатын күкірт қышқылынан қауіпсіздік ережелері сақтала отырып, дайындалды.

Реэкстракция кезінде алдымен мыстан басқа барлық басқа элементтер сулы фазаға бөлініп шықты. Нәтижелер 7-суретте келтірілген.



6 Сурет – Құрамында металдары бар органикалық фазадан металдардың реэкстракция нәтижесі, E (пайыз)-  $C_{(H_2SO_4)}$  тәуелділігі

Нәтижесінде мыстың реэкстракциясы үшін ең тиімді қышқыл концентрациясы ретінде 180 г/л болатындығы анықталды.



### 3 Экономикалық бөлім

#### 3.1 Зерттеу жұмысын жүргізуге жұмсалған шығындарды есептеу

Бұл бөлімде, тәжірибе жүргізуге кеткен шығындарды есептеу жүргізіледі. Барлық зерттеу барысында 2 тәжірибе жүргіздік.

Мысты шаймалау ерітінділерінен бөліп алудағы экстракциялық әдіс кеңінен зерттеліп өндіріске соңғы жылдары көптеп енгізілуі оның геотехнологиялық процестердің экономикалық тиімділігін арттыруға көптеп мүмкіндік беретіндігінде.

Мысты шаймалау ерітінділерінен бөліп алу технологиясының нәтижесінде шығындарды минимумға жетіп, металды тазалығы аса жоғары, тауар түрінде өндіруге мүмкін болады. Соңғысы өз кезегінде үлкен шамада экстрагенттің шығыны мен ерітіндіні дайындау құнына тәуелді. Соңғы кезде отандық металлургия өндірісінде гидрометаллургиялық әдіспен металдарды өндіру жоспарланып, көптеген ізденістер жүргізілуде [11].

#### 3.2 Ғылыми-зерттеу жұмысының жинақ қорын есептеу

Жинақ қоры (А) келесі теңдеумен есептеледі:

$$A = C_{\text{п}} \cdot I_0 \cdot 0,33 \quad (3.1)$$

мұндағы  $C_{\text{п}}$  – жабдықтың бастапқы бағасы, 0,33-ке көбейтілген.

$I_0$  – 1,082 тең, индексация.

Сонымен, 3 айға құраған жинақ қорының соммасы:

$$A = 197\,600 \cdot 1,082 \cdot 0,33 = 70\,555,56 \text{ тг.}$$

#### 3.3 Зерттеудің экономикалық нәтижелігін және рентабелдігін есептеу

Рентабелдігі 10 пайыз болғанда, экономикалық нәтижелілігі құрайды:

$$\text{Э}_0 = (3+A) \cdot 0,1 \quad (3.2)$$

Бірінші жылда зерттеу құны мынадай болады және мына теңдеумен шығарылады:

$$\text{Э}_0 = (53777,5 + 70\,555,56) \cdot 0,1 = 12\,433,306 \text{ тг,}$$

$$\text{Э}_1 = 3 + C_{\text{п}} \cdot I_0 \cdot 0,33 \cdot (1+e) \cdot (3/12) \quad (3.3)$$

Жұмыстың құны мынаны құрайды:

$$\text{Э}_1 = 53777,5 + 197600 \cdot 1,082 \cdot 0,33 \cdot (1+0,1) \cdot (3/12) = 73\,180,1404 \text{ тг}$$

Онда өнеркәсіптің 10 пайыздық тиімділігі төмендегідей:

$$\Delta \mathcal{E}_1 = [ 3 + C_n \cdot I_0 \cdot 0,33 \cdot (1+e) \cdot (3/12) ] \cdot 0,1 \quad (3.4)$$

Бірінші жылда зерттеудің толық құны 10 пайыздық тиімділігімен:

$$\Delta \mathcal{E}_1 = [ 53777,5 + 197600 \cdot 1,082 \cdot 0,33 \cdot (1+0,1) \cdot (3/12) ] \cdot 0,1 = 7318,0140 \text{ тг}$$

$$\mathcal{E}_0 + \Delta \mathcal{E}_1 = 12\,433,306 + 7318,0140 = 19751,32 \text{ тг}$$

Осылайша, ғылыми-зерттеу жұмысының зерттеу құнын 2-ші жылға мына теңдеумен анықтайды:

$$\mathcal{E}_2 = 3 + C_n \cdot I_0 \cdot 0,33 \cdot (1+e)^2 \cdot (3/12) \quad (3.5)$$

$$\mathcal{E}_2 = 53777,5 + 197600 \cdot 1,082 \cdot 0,33 \cdot (1+0,1)^2 \cdot (3/12) = 75\,120,4044 \text{ тг}$$

Олай болса, өнеркәсіптің екінші жылға проценттік тиімділігі мынадай болады:

$$\Delta \mathcal{E}_2 = [ 3 + C_n \cdot I_0 \cdot 0,33 \cdot (1+e)^2 \cdot (3/12) ] \cdot 0,1 \quad (3.6)$$

$$\Delta \mathcal{E}_2 = [ 53777,5 + 197600 \cdot 1,082 \cdot 0,33 \cdot (1+0,1)^2 \cdot (3/12) ] \cdot 0,1 = 7512,04 \text{ тг}$$

Екінші жылда зерттеудің толық құны 10 пайыздық тиімділігімен:

$$\mathcal{E}_0 + \Delta \mathcal{E}_2 = 12\,433,306 + 7512,0404 = 19945,3464 \text{ тг}$$

Ғылыми-зерттеу жұмысының үшінші жылғы экономикалық тиімділігі рентабелділігі 10 пайыз болған кезде келесідей анықталады:

$$\mathcal{E}_3 = 3 + C_n \cdot I_0 \cdot 0,33 \cdot (1+e)^3 \cdot (3/12) \quad (3.7)$$

$$\Delta \mathcal{E}_3 = [ 3 + C_n \cdot I_0 \cdot 0,33 \cdot (1+e)^3 \cdot (3/12) ] \cdot 0,1$$

$$\Delta \mathcal{E}_3 = [ 53777,5 + 197600 \cdot 1,082 \cdot 0,33 \cdot (1+0,1)^3 \cdot (3/12) ] \cdot 0,1 = 7725,46 \text{ тг}$$

Үшінші жылда зерттеудің толық құны 10 пайыздық тиімділігімен:

$$\mathcal{E}_0 + \Delta \mathcal{E}_3 = 12\,433,306 + 7725,4694 = 20158,7754 \text{ тг}$$

Өнім бірлігіндегі жобаның сатып алу мерзімін, мына формуламен есептейміз:

$$T = \frac{K}{3} \quad (3.8)$$

мұндағы  $K$  – бір уақтылы шығындар;

$3$  – зертеуге кеткен жалпы шығындар.

$$T = 197\,600 / 53\,777,5 \cdot 12 = 0,4 \text{ жыл}$$

Сонымен, жобаның өтелу мерзімі 0,4 жыл

## 4 Қауіпсіздік және еңбек қорғау бөлімі

### 4.1 Қауіпті және зиянды өндірістік факторларды талдау

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

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

– ауаның химиялық құрамымен және атмосфералық қысыммен сипатталатын ауалық орта;

– өндірістік көздерден туатын сәулелену (иондаушы және иондамаушы), энергетикалық өріс (электромагниттік, гравитациялық және тағы басқа), акустикалық және дірілді тербелістер.

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

– жабдықтарға химиялық активті орта әсері мүмкіндігінен туындайтын, жоғары қауіптіліктің салдарынан электр тогынан түсіп қалу .

– жоғарыда айтылғандармен байланысты кейбір қолайсыз факторларды атап айту қажет:

– Қышқылдар және сілтілер ерітінділерімен дұрыс жұмыс істемеген кезде терінің және дем алу жолдарының күйіп қалуы [12].

### 4.2 Тартқыш шкафты есептеу

Тартқыш шкафтың өлшемдері: ұзындығы  $l = 1,8$  м; ені  $b = 0,9$  м; биіктігі  $h = 2$  м.

Тартқыш шкафтағы жұмыс қуысының ауданы:

$$F_{\text{тес.}} = b_1 \cdot h_1, \quad (4.1)$$

$$F_{\text{тес.}} = 0,6 \cdot 0,3 = 1,8 \text{ м}^2.,$$

мұндағы  $b_1$  – жұмыс қуысының ені;

$h_1$  – ашық қуыстың максималды жіберілетін биіктігі.

Шкафтан сорылып шығарылатын ауа көлемі:

$$V_{\text{сор.}} = 3600 \cdot F_{\text{отв}} \cdot \omega \quad (4.2)$$

мұндағы  $\omega$  – шкафтағы жұмыс қуысындағы ауаның орташа жылдамдығы, м/с

$$V_{\text{сop.}} = 3600 \cdot 0,18 \cdot 1 = 648 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Төмендегі қысымды орталықтандырылған желдеткіштерді таңдаған жөн (13332,2 Па дейін) КПД 0,7-0,8 мен Ц4-70 тәріздес. Ауаның бөліну көлеміне байланысты нөмері, қозғалтқыш айналым саны, қуаттылығы бойынша сәйкес желдеткіш таңдайды [12].

Қозғалтқыш қуаты келесідей:

$$N = \frac{V_{\text{сiд.}} \cdot \dot{I}}{3600 \cdot 102 \cdot \eta_A \cdot \eta_I}, \quad (4.3)$$

мұндағы  $N$  – ауаның толық қысымы, Па;

$\eta_B$  – желдеткіш КПД-сы, сипаттамасы бойынша қабылданатын;

$\eta_{II}$  – КПД өткізу.

$$N = \frac{V_{\text{iдñ}} \cdot H}{3600 \cdot 102 \cdot 0,7 \cdot 1} = 1,9 \text{ кВт.}$$

Электроқозғалтқыштың белгіленген қуаты:

$$N_y = N \cdot K_3, \quad (4.4)$$

мұндағы  $N$  – қозғалтқыш қуаттылығы, кВт;

$K_3$  – желдеткіш қуаттылығының қорының коэффициенті

Онда электроқозғалтқыш қуаты келесідей:

$$N_y = 1,9 \cdot 1,2 = 2,38 \text{ кВт.}$$

Тартқыш шкаф көлемі:

$$V_{\text{т.ш.}} = l \cdot b \cdot h, \quad (4.5)$$

$$V_{\text{т.ш.}} = 1,8 \cdot 0,9 \cdot 2 = 3,24 \text{ м}^3.$$

Ауаның сағатына алмасу бірлігі:

$$K = \frac{V_{\text{ñд.}}}{V_{\text{д.ф.}}}, \quad (4.6)$$

$$K = \frac{756}{3,8} = 200.$$

мұндағы  $K$  – есепті алмасу бірлігі зиянды заттың 2-тобына сәйкес келеді.

## ҚОРЫТЫНДЫ

Соңғы жылдары кен құрамдараның кедей болуына байланысты түсті металдарды өндіру қиындай түсуде, баланстан шығарылған және тотықты минералдары бар шикізаттар тартылуда және оны өңдеуге негізінен гидрометаллургиялық әдістер қолданылуда. Әдеби шолулар көрсеткендей, өнімді ерітінділерден металдарды негізінен күшті экстрагенттар арқылы алған тиімді болып табылады.

Жасалған зерттеулер нәтижесінде мысты АС (1:1) экстрагентімен шаймалау ерітінділерінен бөліп алу мүмкіндігі тексерілді.

Нәтижесінде сульфатты ерітіндіден мысты АС (1:1) экстрагентімен бөліп алуды зерттеген кезде металдардың ішінен мыс барлық рН мәндерінде басқа металдарға қарағанда жоғары дәрежеде бөліп алынды, яғни ол 0-4 аралығында 0-ден 95 пайызға артты. Ал темір үшін бұл көрсеткіш 0-2,5 аралығында 0-ден 21 пайызға өсті де, әрі қарай рН мәні жоғары ортада, ол сары түсті тұнбаға түсті.

Никель иондары ерітіндінің құрамында болғанымен, оның экстрагент құрамына өтуі рН мәні 0-4 аралығында небары 0-ден 8 пайызға жоғарылады.

Тура осыған ұқсас көрсеткіштер магний металын экстракциялау кезінде алынды, яғни қышқылды ортадан экстракциялау дәрежесі 0-ден 8 пайызға ғана жетті.

Кальций иондарының экстрагентпен өзара әлсіз әрекеттесуі салдарынан оның бөліну дәрежесі рН 0-4 аралығында бары-жоғы 0-ден 7 пайызға жетті.

Сульфатты ерітінділерден өзара металдарды АС (1:1) экстрагентімен бөліп алу нәтижелері салыстырылды. Осы алынған нәтижелер мыстың басқа металдарға қарағанда экстракция дәрежесі өте жоғары болғандығын көрсетті.

Зерттеу барысында органикалық фазаға өткен металдардың реэкстракциясын жүргізу барысында күкірт қышқылының әр түрлі концентрациялары сыналды.

Нәтижесінде мыстың реэкстракциясы үшін ең тиімді қышқыл концентрациясы ретінде 180 г/л болатындығы анықталды.

Осылайша қазақстандық кендерді шаймалаумен алынған ерітінділерден мысты экстракциямен бөліп алу мүмкіндігі көрсетілді.

## ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Вольдман Г.М., Зеликман А.Н. Теория гидрометаллургических процессов. – М.: Наука, 2003. - 463 с.
- 2 Паплаухин А.Б., Худяков М.Ф., Халезов Б.Д., Абакумов В.В. Перспективы использования гидрометаллургических процессов в металлургии меди. - М.: цветные металлы. - 1986. - №4. - С. 20 - 23.
- 3 Крейн Ф. Экстракция в гидрометаллургии меди: Развитие и современное состояние // Комплексное использование минерального сырья. 2004. - №2. С. 36 - 55.
- 4 Паплаухин А.Б., Худяков М.Ф., Халезов Б.Д., Абакумов В.В. Перспективы использования гидрометаллургических процессов в металлургии меди // Цветные металлы. - 1986. - №4.- С. 20 - 23. 160
- 5 Агаркова Г.А. Выщелачивание медных окисленных минералов, характерных для месторождений СССР // Цветные металлы. – 1950. - № 1. –С. 35 – 41 с.
- 6 Меретуков М.А. Процессы жидкостной экстракции и ионообменной сорбции в цветной металлургии. – М.: Металлургия,1978; Муканов Д. Металлургия Казахстана: состояние, инновационный потенциал, тренд развития. – Алматы, 2005. - 290 с.
- 7 Борбат В.Ф., Лещ И.Ю. новые процессы в металлургии никеля и кобальта.- М.: Металлургия, 2010. - 197 с.
- 8 ҚР ҚБҚ 2.02 – 11 – 2001
- 9 ҚР ҚНЖЕ 2.04 – 05 - 2002
- 10 Дытнерский Ю. И. Процессы и аппараты химической технологий. М.: Химия , 1995.
- 11 Шокобаев Т.Д. Повышение эффективности микроэкономики цветной металлургии. / Учебное пособие. – Алматы: РИК,1993. – 46 - 57 с.
- 12 Макаров Г.В. Охрана труда в химической промышленности. – М.: Химия, 1977.–56 с.

## А қосымшасы

### А.1 Кесте – Мыс минералдары, олардың шаймалану реакциялары

Минералдар	Мыстың үлесі, пайыз	Шаймалау реакциялары
Алдын ала дайындаусыз күкірт қышқылымен шаймаланатын тотықты минералдар		
Малахит	55,8	$\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 3\text{CuSO}_4 + 2\text{CO}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$
Азурит	57,4	$(\text{CuCO}_3)_2\text{Cu}(\text{OH})_2 + 2\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2\text{CuSO}_4 + \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
Хризоколла	32-42	$\text{CuSiO}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O} + 3\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 3\text{CuSO}_4 + \text{SiO}_2 + (n+1)\text{H}_2\text{O}$
Тенорит	79,9	$\text{CuO} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CuSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
Алдын ала дайындаусыз тотықтырғыштың қатысында күкірт қышқылымен шаймаланатын минералдар		
Куприт	88,8	$\text{Cu}_2\text{O} + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \rightarrow 2\text{CuSO}_4 + \text{H}_2\text{O} + 2\text{Fe}_2\text{SO}_4$
Табиғи таза мыс	100	$\text{Cu} + \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \rightarrow \text{CuSO}_4 + \text{Fe}_2\text{SO}_4$
Бактериялардың қатысында тікелей күкірт қышқылымен шаймаланатын минералдар		
Халькозин	80	$\text{Cu}_2\text{S} + 0,5\text{O}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CuSO}_4 + \text{CuS} + \text{H}_2\text{O}$ $2\text{CuS} + 2,5\text{O}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2\text{CuSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
Ковеллин	66,5	$2\text{CuS} + 2,5\text{O}_2 \rightarrow 2\text{CuSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
Дигенит	78,1	$\text{Cu}_9\text{S}_5 + 12\text{O}_2 + 4\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 9\text{CuSO}_4 + 4\text{H}_2\text{O}$
Халькопирит	34,6	$4\text{CuFeS}_2 + 19\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 4\text{CuSO}_4 + 2\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{H}_2\text{O}$
Борнит	63,3	$\text{Cu}_5\text{FeS}_4 + 37/4\text{O}_2 + 5/2\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 5\text{CuSO}_4 + 0,5\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + 5/2\text{H}_2\text{O}$
Пирит	0	$4\text{FeS}_2 + 15\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + 2\text{H}_2\text{SO}_4$