

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Металлургия және өндірістік инженерия институты

Металлургиялық процестер және арнайы материалдар технологиясы
кафедрасы

Нұрғабыл Назерке Қаршығақызы

Мыс сульфидін тиосульфат ерітіндісімен шаймалау процесін зерттеу

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

5B070900– Металлургия мамандығы

Алматы 2021

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті


Металлургия және өндірістік инженерия институты

Металлургиялық процестер және арнайы материалдар технологиясы
кафедрасы

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ:

МПжАМТ кафедраменгерушісі

тех. ғыл.канд., Ph.D.

 Чепуштанова Т.А.

« 30 » 05 2021 г.

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: «Мыс сульфидін тиосульфат ерітіндісімен шаймалау процесін
зерттеу»

5B070900 – Metallургия мамандығы

Орындаған: Нұрғабыл Н.Қ.

Ғылыми жетекші

қауымд.профессор, Ph.D.

 Байгенженов Ө.С.

« 3 » маусым 2021 ж.

Алматы 2021

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Металлургия және өндірістік инженерия институты

Кафедра: Metallургиялық процестер және арнайы материалдар

5B070900 – Metallургия

БЕКІТЕМІН:

МПЖАМТ кафедра меңгерушісі

тех. ғыл. кандидаты, Ph.D.

 Чепуштанова Т.А.

« 05 » 01 2021 ж.

ТАПСЫРМА

Дипломдық жұмысты орындауға

Білім алушы: Нұрғабыл Назерке Қаршығақызы

Тақырып: Мыс сульфидін тиосульфат ерітіндісімен шаймалау процесін зерттеу

Университет Ректорының 2020 жылғы "27" қаңтардағы №762–б бұйрығымен бекітілген

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі : « 8 » маусым 2021 ж.

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістері: Сульфидтік мыс қосылыстары

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

а) мысты ерітіндіге өткізу тәсілдері; сульфидті минералдардың электролит концентрациясына және ерітінді температурасына байланысты өзгеруін зерттеу; мыс сульфидін тиосульфат ерітіндісімен шаймалау

б) шаймалау процесіне әртүрлі факторлардың әсерін анықтау; температураның әсері; уақыттың әсерін зерттеу;

в) өмір тіршілік қауіпсіздігі және еңбек қорғау сұрақтарын қарастыру;

г) жұмыстың экономикалық тиімділігін және жұмысқа кеткен шығындарды есептеу.

Сызба материалдар тізімі (міндетті сызбалар дәл көрсетілуі тиіс)

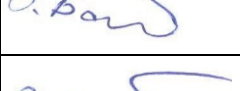
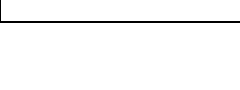
Жұмыстың тақырыбы бойынша қорытындыны қоса 15 слайд.

Ұсынылатын негізгі әдебиет 22 атаудан тұрады

Дипломдық жұмысты даярлау
КЕСТЕСІ

Бөлім атаулары, дайындалатын сұрақтардың тізімі	Ғылыми жетекшіге, кеңесшілерге өткізу мерзімі	Ескерту
Кіріспе	8.02.2021 ж.	
Аналитикалық бөлім	22.03. 2021 ж.	
Тәжірибелік бөлім	16.04. 2021 ж.	
Экономикалық бөлім	5.05. 2021 ж.	
Еңбекті қорғау	12.05. 2021 ж.	
Қорытынды	19.05. 2021 ж.	
Қалып бақылау	03.06.2021 ж.	

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

Бөлім атауы	Ғылыми жетекші, кеңесшілер (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қолтаңба қойылған мерзімі	Қолы
Негізгі бөлім	Ph.D., қауымд.профессор, Ө.С. Байгенженов	8.02.2021ж.	
Аналитикалық бөлім	Ph.D., қауымд.профессор, Ө.С. Байгенженов	22.03.2021	
Тәжірибелік бөлім	Ph.D., қауымд.профессор, Ө.С. Байгенженов	16.04.2021ж.	
Еңбекті қорғау	Ph.D., қауымд.профессор, Ө.С. Байгенженов	12.05.2021ж.	
Қорытынды	Ph.D., қауымд.профессор, Ө.С. Байгенженов	19.05.2021ж.	
Норма бақылау	т.ғ.к., сениор–лектор, С.С. Коныратбекова	03.06.2021ж.	

Ғылыми жетекші



Байгенженов Ө.С.

Студент тапсырманы орындауға алды_



Нұрғабұл Н.Қ.

Күні " 3 " маусым 2021 ж.

АНДАТПА

Дипломдық жұмыс тапсырмадан, кіріспеден, негізгі бөлімнен, қорытындыдан және пайдаланылған әдебиеттер тізімінен тұрады. Жұмыстың жалпы көлемі компьютермен терілген 41 бет, оның ішінде 5 сурет және 12 кесте бар. Пайдаланылған әдебиеттер тізімі 22 аталымнан тұрады.

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

Дипломдық жұмысты орындау барысында әртүрлі кендік материалдарды тиосульфат ерітіндісімен шаймалау әдістеріне әдеби шолу жасалып, шолу жұмыстарының қорытындысы ретінде мыстың сульфидтік қосылыстарын тиосульфат ерітіндісімен шаймалау процесін зерттеу процессі таңдалды. Сонымен қатар, зерттеу жұмыстарында шаймалау процесін тиімді жүргізуге әсер ететін әртүрлі факторлар (процесс ұзақтығы, температура, реагенттер шығыны) зерттелді.

Нәтижелер мыс сульфидін шаймалау процесінің көрсеткіштері процесінің температураға, уақытқа тәуелді екенін көрсетті.

Алынған нәтижелерге негізделе отыра экономикалық есептеулер жасалып, қауіпсіздік және еңбек қорғау жөніндегі іс-шаралар қарастырылды.

АННОТАЦИЯ

Дипломная работа состоит из задания, введения, основной части, заключения и списка использованной литературы. Общий объем работы составляет 41 страниц, набранных компьютером, в том числе 5 рисунков и 12 таблиц. Список использованной литературы состоит из 22 наименований.

Цель дипломной работы-изучение процесса выщелачивания сульфидных минералов меди раствором тиосульфата, выбор эффективных условий различных параметров, влияющих на процесс выщелачивания.

В ходе выполнения дипломной работы проведен литературный обзор методов выщелачивания различных рудных материалов раствором тиосульфата, в качестве заключения обзорной работы выбран процесс исследования процесса выщелачивания сульфидных соединений меди раствором тиосульфата. Кроме того, в исследовательских работах изучались различные факторы (длительность процесса, температура, расход реагентов), влияющие на эффективное ведение процесса выщелачивания.

Результаты показали, что показатели процесса выщелачивания сульфида меди зависят от температуры, времени процесса.

На основе полученных результатов были сделаны экономические расчеты, рассмотрены безопасность и охрана труда.

ANNOTATION

The thesis consists of a task, an introduction, the main part, a conclusion and a list of references. The total volume of work is 41 pages typed by a computer, including 5 figures and 12 tables. The list of references consists of 22 titles.

The purpose of the thesis is to study the process of leaching copper sulfide minerals with thiosulfate solution, to choose the most favorable conditions for various parameters affecting the leaching process.

In the course of the thesis, a literary review of the methods of leaching various ore materials with thiosulfate solution was conducted, and as a result of the review work, the process of studying the process of leaching copper sulfide compounds with thiosulfate solution was selected. In addition, various factors (process duration, temperature, reagent consumption) that influence the effective conduct of the leaching process were studied in the research papers.

The results showed that the indicators of the leaching process of copper sulfide depend on the temperature and time of the process.

Based on the results obtained, economic calculations were made, and occupational safety and health were considered.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	9
1 Әдебиеттің аналитикалық шолуы	11
1.1 Тимна алқабындағы мыс кен орындарының Ежелгі Египет мыс шлактарынан мыс алу тәсілдері	11
1.1.1 Мысты ерітіндіге өткізу тәсілдері	11
1.2 Мыс сульфидтерін сілтілі электрохимиялық шаймалау	13
1.2.1 Ыдырау кезіндегі мыс сульфидінің өзгерістері	13
1.2.2 Сульфидті минералдардың электролит концентрациясына және ерітінді температурасына байланысты өзгеруін зерттеу	14
1.3 Мыс концентраттарын тиосульфатты шаймалау	17
1.4 Тотыққан мыс кенін шаймалау әдістері	19
1.5 Асыл металдарды тиосульфатты шаймалау	21
1.6 Мыс алу тәсілдерін зерттеу	24
1.6.1 Тотығу – тотықсыздану реакциясы	27
1.6.2 Термоэлектрохимиялық реакцияның шарттары	28
2 Тәжірибелік бөлім	30
2.1 Тиосульфатпен шаймалау процесінің ерекшеліктері	30
2.2 Аммоний тиосульфатының термодинамикасы	31
2.3 Шаймалау процесін зерттеу. Шаймалау процесіне әртүрлі факторлардың әсерін анықтау	33
2.3.1 Шаймалау процесіне уақыттың әсері	33
2.3.2 Шаймалау процесіне температураның әсері	34
2.3.3 Шаймалау процесіне Қ : С қатынасының әсері	34
3 Экономикалық бөлім	36
3.1 Зерттеу жұмысын жүргізуге жұмсалған шығындарды есептеу	36
3.1.1 Электр энергиясының шығыны	36
3.1.2 Шикізат пен реактивтер шығыны	36
3.2 Жалпы шығындар саны	37
4 Қауіпсіздік және еңбек қорғау бөлімі	38
Қорытынды	39
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	40

КІРІСПЕ

Ғылыми техникалық проблемалардың заманауи күйі. Сульфидті кендерден мыс өндірудің ең көп таралған әдісі – мыс сульфидті концентраттарын алу арқылы байыту, содан кейін өрескел мысты тазарту және мыс катодтарын алу. Бұл әдіс мысқа бай концентраттарды қолдануға негізделген. Стандартты емес шикізатты өңдеу кезінде бұл технология құнды компоненттердің аз алынуымен, экологиялық қауіпсіздіктің төмен деңгейімен сипатталады.

Пирометаллургиялық әдіспен қатар, мысты ерітіндіге айналдыру үшін қолданылатын реагенттермен ерекшеленетін көптеген гидрометаллургиялық әдістер әзірленді. Тотыққан мыс кендері үшін күкірт қышқылы немесе аммоний карбонаты ерітінділерін қолдану ұсынылады; күкірт қышқылы ортасында мыс сульфидінің тотықтырғыш ретінде үш валентті темір (әсіресе сульфат) ерітінділері; минералды қышқылдар – тұз, азот және концентрацияланған күкірт; темір (III) иондары мен мыс (II) иондарының хлоридті ерітінділері; автоклавтардағы сульфид тотықтырғыш ретінде оттегі; төмен сұрыпты кендер үшін бактериялық шаймалау қолданылады.

Жұмыстың актуалдығы. Құрамында мыс бар кендерді чандық, үймелеп, жерасты шаймалау қолданады. Сілтісіздендіруден кейін құрамында мыс пен қоспалар бар ерітінділер ион алмасу әдістерімен шоғырланады, қазіргі уақытта көбінесе экстракциялық әдістермен, содан кейін мыс электроэкстракциясымен немесе металл мыс алудың цементтеу әдістері қолданылады, мысалы, темір чиптерін қолдану арқылы. Мыс өндірісінің жалпы көлеміндегі гидрометаллургиялық процестер 15 - 20 % құрайды. Болашақта гидрометаллургияның рөлі артуы керек – бұл тек экономикалық тиімділікке ғана емес, сонымен бірге экологияға да қойылатын талаптар. Мысты өнеркәсіптік өндіру пиро- және гидрометаллургиялық операциялардың ақылға қонымды үйлесіміне негізделетін болады.

Тиосульфатты шаймалау қиын еритін металдарды шаймалау мен қоршаған ортаны қорғауға байланысты бірқатар артықшылықтарды ұсынады:

1) Құрамында алтын бар кенді тиосульфатты шаймалау қоршаған ортаға әсерді азайту үшін үлкен әлеуетке ие. Жоғары уытты элемент болып табылатын цианидтен айырмашылығы, тиосульфатты шаймалау процесінде қолданылатын химиялық заттар қауіпсіз. Бұл технология цианидті қолдануға мүлдем тыйым салынған немесе қоршаған ортаға зиянды әсер ету салдарынан бұқаралық ақпарат құралдарында қарқынды теріс жариялануға ұшыраған жерлерде үлкен әлеуетке ие;

2) Көптеген жағдайларда, осы процесс барысында экстракция цианидпен бірдей жүргізіледі. Кеннің көмір компоненттерінің табиғи сорбциялық белсенділігін ескеретін экстракция операциялары кезінде шаймалаудың бұл әдісін қолдану цианидті қолдануға қарағанда әлдеқайда тиімді. Тиосульфатты шаймалау алтын алудың инновациялық технологиясы үшін өте қолайлы;

3) Тиосульфатты шаймалау - бұл сілтілі процесс (әдетте рН 8 - ден 10 - ға дейін), сондықтан экстракцияны орындау кезінде жабдықтың коррозиясына қатысты алаңдаушылық туындамайды;

4) Тиосульфатты шаймалау процесінің негізгі химиялық компоненттері (аммоний тиосульфаты және аммоний сульфаты) қарапайым тыңайтқыштар болып табылады. Бұл ауыл шаруашылығында және экологиялық нормалар сақталатын аймақтарда шахта қалдықтарының ерітінділерін пайдалануға қосымша мүмкіндік береді.

Дипломдық жұмыстың мақсаты – мыстың сульфидтік қосылыстарын тиосульфаттық ерітіндімен шаймалау процесін зерттеу, шаймалау процесіне әсер ететін әртүрлі параметрлердің тиімді параметрлерін анықтау.

Зерттеу объектісі: Сульфидтік мыс қосылыстары

Жұмысты зерттеу үшін келесідей мәселелерді шешу:

- мысты ерітіндіге бөліп алу;
- аммоний тиосульфатының мыс сульфидін шаймалау;
- шаймалау процесіне әсер ететін тиімді параметрлерін анықтау;
- зерттеу жұмысының экономикалық шығынын есептеу;

Жұмысты жасаудың практикалық базасы – «Металлургиялық процестер, жылу техникасы және арнайы материалдар технологиясы» кафедрасы, Satbayev University.

1 Әдебиеттің аналитикалық шолуы

1.1 Тимна алқабындағы мыс кен орындарының Ежелгі Египет мыс шлактарынан мыс алу тәсілдері

Мыс – бұл құрал-саймандар, қару – жарақтар, үй ыдыстары, зергерлік бұйымдар мен діни керек - жарақтар жасау үшін адам өңдеп, қолдана бастаған алғашқы металл. Тимна алқабында, қазіргі Израиль аумағында тотыққан кендерден металл мыс алу және алу іздері табылды. Алдымен балқыту ыстық көмірге кенді жүктеу арқылы жүзеге асырылды. Содан кейін олар көмір мен кенді қабаттарға бүктеп, үйінділер жасай бастады. Кейінірек көмір мен кен қабаты шұңқырларға орналастырыла бастады, отынның жануы үшін ауаны шұңқырдың бүйіріне салынған ағаш түтіктер арқылы жіберді. Шұңқырдан алынған мыс құймасы (крицу) балқыту аяқталғаннан кейін алынып, тігілді. Қабырғалардың биіктігі біртіндеп артып, тік жұмыс кеңістігі бар алғашқы металлургиялық пештердің пайда болуына әкелді. Мұндай пештер шахта пештерінің прототипі болды; олар домниц деп аталды. Пирометаллургиялық өңдеуден алынған қождың құрамында мыстың едәуір мөлшері бар (5 % дейін). Өңдеудің заманауи әдістері осындай бай өнімдерден мыс алуға мүмкіндік береді.

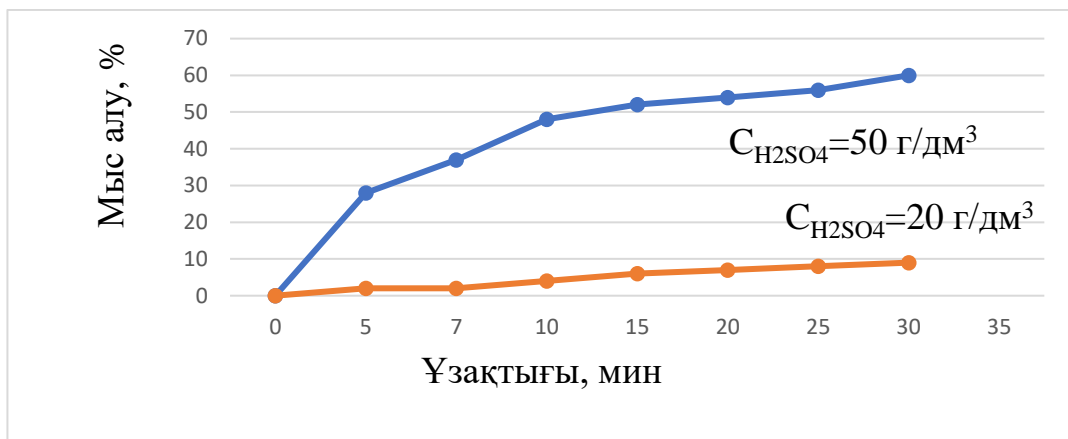
Мыстың пирометаллургиялық өндірісінің көптеген проблемалары, соның ішінде экологиялық, жылу, шаң және газ бөлінуінің жоғарылауына байланысты гидрометаллургиялық технологияны қолдану арқылы жойылады. Оған шикізаттан мысты селективті шаймалау, көбінесе H_2SO_4 немесе NH_3 ерітіндісімен; ерітіндіні қоспалардан тазарту және мыс шығару кіреді. Мыс алудың гидрометаллургиялық әдісі оксидті қосылыстар түрінде мыс құрамы төмен кендерді өңдеу үшін ең үнемді болып табылады, әсіресе отын мен ағындардың жоғары құны және олардың үлкен шығыны. Тек осы әдіспен аршылған жыныстар мен кен денелерінің, жер асты кеніштерінің үйінділерінен мыс алуға болады.

Ежелгі Египет кеніштеріндегі мыс бар қождың үлгісін рентгендік фазалық талдау келесі қосылыстардың болуын көрсетті: кварц (28,7 %), диопсид (25,3 %), фаялит (43,7 %), куприт, хризокolla, малахит, магнетит, кальцит. Сандық талдау шлақтың келесі құрамын анықтады, % : 38 O; 4,6 Fe; 40 Si; 7 Ca; 3,4 Cu; 3,3 Mn; 1,7 Al; 1 K; 0,6 Mg; 0,5 Ba. Шлақтағы мыс тотыққан формамен ұсынылған.

1.1.1 Мысты ерітіндіге өткізу тәсілдері

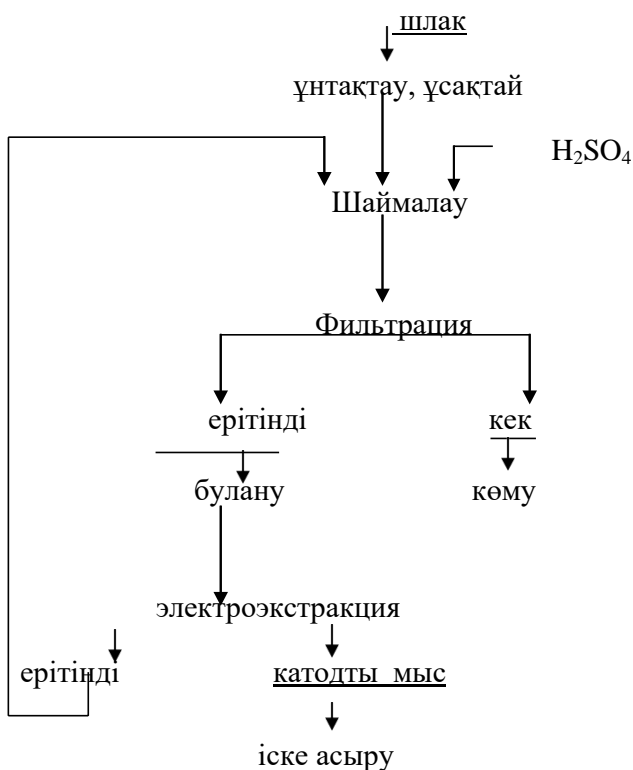
Әдеби мәліметтерге сүйене отырып, мысты ерітіндіге ауыстырудың 2 әдісі таңдалды: күкірт қышқылы және аммиакты шаймалау. Бастапқыда мысты қождан шығару үшін күкірт қышқылын шаймалау әдісі қолданылды. Күкірт қышқылының ерітіндісімен шаймалау жүргізілді (20 - 50 г/дм³)

$C:K = 5$ және температурасы $50\text{ }^{\circ}\text{C}$. Процесс магниттік араластырғыштың көмегімен 750 айн/мин жылдамдықпен тұрақты араластыру арқылы жүргізілді. Ондағы күкірт қышқылы мен мыстың концентрациясын анықтау үшін тазартылған ерітіндінің үлгісі алынды. 1 – суретте ерітіндіге мыс алудың сілтілену ұзақтығына тәуелділігі көрсетілген.



1 Сурет – Мыс алудың күкірт қышқылын шаймалау ұзақтығына тәуелділігі

Процестің технологиялық схемасы 2 – суретте көрсетілген.



2 Сурет – Шлактардан мыс алудың технологиялық схемасы

H_2SO_4 концентрациясы 50 г/дм^3 , $\text{C:K} = 5$, температурасы $50 \text{ }^\circ\text{C}$ және шаймалау ұзақтығы $0,5 \text{ сағ}$ болғанда ерітіндідегі мыс концентрациясы 4 г/дм^3 – ке жетеді, ал H_2SO_4 қалдық концентрациясы 30 г/дм^3 – ке жетеді. Мұндай композицияның ерітінділерін пластикпен қапталған ашық контейнерлерде жинап, табиғи түрде $4 - 5$ рет буландырған жөн.

Содан кейін сүзгіленгеннен кейін ерітінділер ерімейтін анодпен $0,2 - 0,5 \text{ г/л}$ мыстың қалдық концентрациясына дейін электрэкстракциясына жіберіледі.

Мысты шлактардан шаймалау үшін аммиак ерітінділерін қолдану айтарлықтай нашар нәтиже көрсетті. Мыс алу 7% - дан аспады [1].

1.2 Мыс сульфидтерін сілтілі электрохимиялық шаймалау

Сульфидті минералдардың электрохимиясының дамуы минералды шикізатты өңдеудің маңызды процестерінің – флотация мен гидрометаллургияның кең таралуына негізделген электрохимиялық реакциялар. Қазіргі уақытта мыс сульфидтерінің анодты және катодты ыдырауы процесінде болатын құбылыстардың механизмін зерттеуге арналған көптеген жұмыстар жарияланды, бірақ қатты – сұйық шекарадағы беттік өзгерістер жеткілікті зерттелген жоқ.

Көптеген жұмыстар сульфидтердің ыдырауына кедергі келтіретін аралық реакцияларды қарастырмайды, каустикалық натрий ерітінділеріндегі сульфидтердің бетіндегі электрохимиялық өзгерістерге аз көңіл бөлінеді. Сульфидті минералдардың поляризациясы кезінде нашар өткізгіш беттік қосылыстардың түзілу шарттары мен құрамын зерттеу, олардың электрохимиялық еру процестерін бәсеңдетудің маңызы зор пайдалы компоненттерді алудың гидрометаллургиялық технологияларының жылдамдығына тікелей әсер етеді. Сондықтан сульфидті минералдардың анодтық және катодтық ыдырау механизмі, олардың алдындағы аралық электрохимиялық беттік және көлемді түрленулер, қабықша жабындарының түзілу немесе еру жағдайлары туралы дұрыс түсініктер пайдалы қазбаларды және оларды байыту өнімдерін өңдеудің технологиялық операцияларының параметрлерін оңтайландыруға мүмкіндік береді [2].

1.2.1 Ыдырау кезіндегі мыс сульфидінің өзгерістері

Зерттеудің осы бөлімінің мақсаты ерітінділердің температурасы мен күйдіргіш натр концентрациясына байланысты олардың катодты немесе анодты ыдырауының алдындағы потенциалдар кезінде мыс сульфидті минералдарының бетінде болатын құбылыстарды зерттеу болып табылады.

Халькопирит негізгі объект ретінде әртүрлі тотықтырғыштардың әсеріне ең төзімді мыс сульфиді ретінде қабылданады. NaOH ерітінділеріндегі осы

сульфидтің іс - әрекеттірінің белгіленген заңдылықтарын басқа сульфидтердің іс – әрекеттерін талдауда қолдануға болады деп жоспарланған.

Зерттеулер потенциалды әдіс пен циклдік вольтамперметрия әдісін қолдану арқылы жүргізілді.

Тәжірибелер 298 ... 343 °К температура аралығында жүргізілді, потенциалдар саласында –1,0 ... +1,0 В. NaOH ерітінділерінің концентрациясы 0,5 - тен 5,0 моль/л - ге дейін өзгерді [3].

Эксперимент жүргізгеннен кейін халькопирит электродының бетінде пайда болған пленка алынып, сұйық фазамен қатар темір, мыс және жалпы күкірт құрамына талданды.

Электродтық потенциалдардың барлық өлшенген мәндері хлор – күміс электродты қолдану арқылы алынды. Электрохимиялық есептеулер кезінде салыстырмалы қалыпты сутегі электродының потенциалдық мәні қайта есептелді.

Жұмысты орындау кезінде анодтағы сілтілі ерітінділерде оттегінің бөлінуінен басқа ешқандай реакциялар жүрмейтіндігі, ал оның шығарылу потенциалы зерттелетін потенциалдар аралығының оң көрсеткіші болып табылатындығы назарға алынды. Осыған байланысты поляризация тогының мөлшері халькопириттің тотығу жылдамдығын толығымен анықтайтындығы ескерілді.

NaOH ерітінділеріндегі халькопириттің тотығуының термодинамикалық мүмкіндігін зерттей отырып, бұл процесс кинетикалық және диффузды аймақтарда да жүруі мүмкін екенін ескерді. Бұл жағдайда тотығу – тотықсыздану реакцияларының барысы негізінен ерітінділердің температурасымен және электр потенциалдарының мәнімен, ал диффузиялық аймақта тек потенциалмен анықталады [4].

1.2.2 Сульфидті минералдардың электролит концентрациясына және ерітінді температурасына байланысты өзгеруін зерттеу

Сульфидті минералдардың электродтық потенциалы тотығу-тотықсыздану процестерін анықтайтын негізгі фактор болып табылатындығын ескере отырып, әсіресе кристалдық тордағы химиялық байланыстардың бұзылуымен байланысты бірінші кезеңде электролит концентрациясы мен ерітіндінің температурасына байланысты оның өзгеру сипатын зерттеді.

Тәжірибелер көрсеткендей, халькопириттің электрод потенциалының мәні ерітіндінің температурасына байланысты (кесте 1).

Халькопириттің электрод потенциалы мәнінің өзгеру сипатына одан да маңызды әсер NaOH концентрациясы 298 °С кезінде 5 моль/л – ге дейін әсер етеді халькопирит электродының стационарлық электрод потенциалының мәні теріс бағытта +120 – дан -250 мВ - ға дейін артады.

1 Кесте – Электродит температурасының NaOH 5 моль/л концентрациясы кезінде халькопириттің стационарлық электродтық потенциалының мәніне әсері

NaOH ерітіндісінің температурасы, °K	298	303	308	313	323	333	343
Стационарлық потенциалы, мВ	-250	-250	-254	-250	-274	-289	-300

Потенциал мөлшерінің ең үлкен өзгеруі электродит ерітіндісінің температурасының жоғарылауымен байқалады (кесте 2).

2 Кесте – NaOH концентрациясының халькопирит электродының стационарлық электрод потенциалының мәніне әсері

Концентрация NaOH, моль/л	0	0,5	1,25	2,5	3,75	5,0
Стационарлық потенциал, мВ	Ерітінді температурасы 29 °K кезінде					
	+120	-150	-175	-225	-243	-250
Стационарлық потенциал, мВ	Ерітінді температурасы 343 °K кезінде					
	+120	-215	-245	-269	-284	-300

Құрамында алтын бар халькопириттің электрохимиялық тотығу технологиясын жасау кезінде CuFeS_2 электродтық потенциалын тұрақтандыру өте маңызды екенін ескеру қажет. Потенциалды тұрақтандыру жылдамдығы ерітіндідегі NaOH концентрациясына және температураға байланысты (кесте 3). Ерітіндідегі NaOH концентрациясының 0 - ден 5 моль/л - ге дейін жоғарылауымен стандартты термодинамикалық жағдайларда халькопириттің бастапқы электродтық потенциалы теріс мәнді алады, оның мәні +65 - тен -145 мВ - қа дейін өзгереді (кесте 3). Потенциалды тұрақтандыру, яғни NaOH концентрациясының 0 – ден 1,25 моль/л - ге дейін жоғарылауымен оның стационарлық мәніне қол жеткізу негізінен 20 – 25 минут ішінде жүзеге асырылады. NaOH концентрациясы 2,5 – 5 моль/л шегінде жоғары болған кезде потенциал баяу тұрақтанады және оның стационарлық мәніне негізінен шамамен 50 минут ішінде қол жеткізіледі.

Электродит ерітіндісінің температурасының жоғарылауымен халькопириттің стандартты электродтық потенциалының мәні артады және оны тұрақтандыру жылдамдығы айтарлықтай өзгереді (кесте 3). Егер NaOH концентрациясы 343 °K температурада 1,25 моль/л - ге дейін өзгерсе, CuFeS_2 потенциалы 298 °K температурамен бірдей уақытта, яғни 20 – 25 минут ішінде өзінің стационарлық мәніне жетсе, онда 2,5 – 5 моль/л концентрациясында

тұрақтандыру әлдеқайда тез байқалады және NaOH концентрациясы кезінде 5 моль/л алғашқы 2 – 3 минут ішінде жетеді [5].

3 Кесте – 298 және 343 °К температураларда NaOH концентрациясына байланысты халькопириттің электродты потенциалын тұрақтандыру

298 және 343 °К температураларда NaOH концентрациясына байланысты халькопириттің электродтық потенциалының мәні											
Концентрация NaOH, моль/л		0,5	1,25	2,5	3,75	5,0	0,5	1,25	2,5	3,75	5,0
Уақыт, мин											
0	+65	-90	-100	-100	-145	-145	-105	-110	-150	-220	-270
1	+78	-97	-120	-140	-173	-178	-160	-165	-200	-268	-287
2	+81	-102	-125	-152	-181	-189	-178	-182	-215	-274	-292
3	+88	-111	-130	-160	-186	-195	-183	-195	-222	-278	-291
4	+92	-118	-140	-165	-190	-199	-186	-201	-227	-280	-298
5	+97	-125	-145	-169	-192	-203	-188	-205	-230	-281	-299
6	+101	-130	-149	-173	-195	-206	-200	-209	-232	-282	-299
7	+104	-134	-153	-177	-197	-208	-203	-211	-234	-283	-300
8	+106	-136	-156	-178	-199	-210	-205	-212	-237	-283	-300
9	+109	-138	-157	-181	-201	-212	-207	-213	-230	-283	-300
10	+111	-139	-158	-183	-202	-214	-210	-214	-240	-284	-300
15	+116	-142	-164	-190	-210	-220	-212	-222	-245	-	-
20	+120	-146	-170	-196	-215	-225	-212	-226	-250	-	-
25	+123	-148	-173	-201	-219	-228	-214	-230	-255	-	-
30	+124	-150	-175	-204	-222	-231	-216	-240	-260	-	-
40	+124	-150	-175	-211	-225	-237	-217	-245	-262	-	-
50	+124	-150	-175	-220	-230	-246	-217	-245	-269	-	-
60	+124	-150	-175	-225	-243	-250	-217	-245	-269	-	-

Жоғарыда келтірілген деректерден көрініп тұрғандай (кесте 2, 3) электролит концентрациясының жоғарылауымен халькопиритке орнатылған электрод потенциалының шамасы минералдың термодинамикалық тұрақтылық әлеуетіне карағанда айтарлықтай теріс. рН 13,58 - 14 интервалында

$\Delta E_{ст} / \Delta pH \approx -238$ мВ мәні 298 °К электролит ерітіндісінің температурасында және 343 °К температурада $\Delta E_{ст} / \Delta pH \approx -197$ мВ мәні құрайды. Құрамында алтыны бар сульфидті минералдар бетінің электрохимиялық қасиеттерін тұрақтандырудың анықталған кинетикалық ерекшеліктері байыту технологиясын жасау кезінде электродтық потенциалды реттеуді және минералдардың тиімді бөлінуі үшін оның оңтайлы мәніне қол жеткізуді қамтамасыз ететін уақыт факторын ескеру қажет екенін көрсетеді. Ұсынылған технологиялық схема тотығу процестерін ескере отырып, дисперсті жүйенің энергетикалық күйін реттеуді қамтамасыз етуі керек және осыған байланысты фазалық шекаралардағы өзгерістер қатты – сұйық.

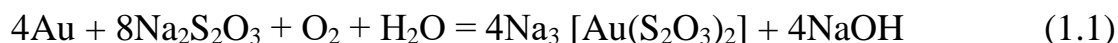
1.3 Мыс концентраттарын тиосульфатты шаймалау

Натрий тиосульфатын алтын мен күмісті еріту үшін қолдану және 1975 жылы соңғы жылдары тиосульфатқа алтынның балама еріткіші ретінде қызығушылық айтарлықтай күшейе түсті. Теориялық және технологиялық зерттеулердің едәуір көлемі орындалды [6-8].

Тиосульфаттар – құрамында $(S_2O_3)^{2-}$ топтары бар қосылыстар, олар сульфаттың құрылымдық аналогы болып табылады, онда бір оттегі атомы күкірт атомымен алмастырылады. $[S - SO_3]^{2-}$ құрылымы бар тиосульфат ионының ерекше химиясы сульфид тәрізді күкірт атомымен анықталады, оған қалпына келтіру қасиеттері, күрделі түзілу қабілеті, сонымен қатар сульфидтер түзілу қабілеті беріледі [9].

Тиосульфат ионы бар алтын композицияның жеткілікті берік кешенін құрайды $[Au(S_2O_3)_2]^{3-}$, Гиббс түзілу энергиясы -1024,9 кДж/моль құрайды және қышқылданған кезде де күкірт шығарумен ыдырамайды. Бұл кешеннің тұрақсыздығының тұрақтысы $4 \cdot 10^{-30}$, сондықтан SO_3S^{2-} иондарының қатысуымен алтынның стандартты тотығу потенциалы +0,15 В дейін төмендейді, ал ерітіндіге ауысумен алтынның оттегімен тотығуы термодинамикалық мүмкін болады [6].

Тиосульфатта алтынды еріту процесі оттегінің қатысуымен цианид процесіне ұқсас реакция арқылы жүреді:



Екі сағат бойы 600 °С температурада күйдіруге ұшыраған құрамында Ag - 249,5 г/т, Cu - 26,4 % және 32,7 г/т алтын бар мыс кенінен алынған флотациялық концентратты тиосульфатты шаймалау бойынша зерттеулер жүргіздік. Тиосульфатты шаймалау процесін жақсарту мақсатында кен сынамалары 2 сағат бойы 600 °С температурада күйдірілді, тұрақты алтын - сульфидті кендер мен концентраттарды күйдіру процесінде пирит және арсенопирит минералдары тотығады, бұл олардың құрамындағы алтынның ашылуына әкеледі.

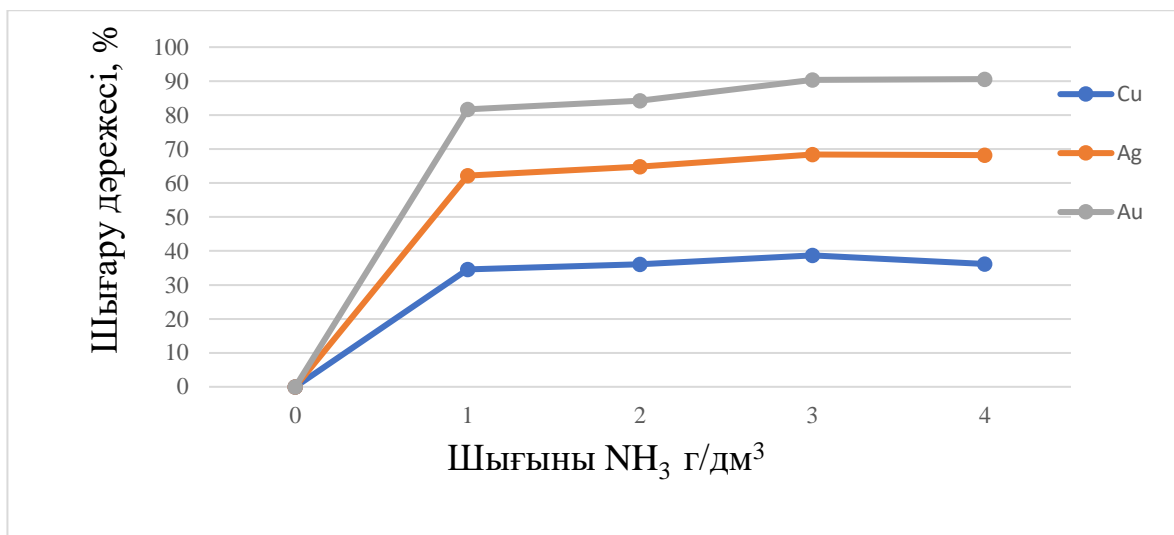
Жоғары тотығу күйіндегі көптеген күрделі өтпелі металл қосылыстары әртүрлі химиялық процестерге қатыса алатындығы белгілі. Мыс пен кобальттың аммиак және тиосульфат кешендері тиімді тотықтырғыштар болуы мүмкін. Сондай-ақ, мыс сульфатының қосылуы мыс ионының металл бетінен электрондар алып, оны оттегіге беру қабілетіне байланысты асыл металдарды тиосульфат ерітіндісінде ерітуге ынталандырушы әсер ететінін атап өткен жөн [10].

Жұмыстарда [11-12] алтынды тиосульфатпен сілтілеу автоклав процесінде зерттелді, ал түсті металл сульфидтерінің ыдырауы аммиак ортасында жүрді. Аммоний ортасында сульфидті күкірттің алғашқы тотығу өнімі сульфатқа, тионатқа, сульфитке және $(\text{NH}_2\text{SO}_4^-)$ тотықтыратын тиосульфат екендігі көрсетілген. Тиосульфатта алтынның оңтайлы еру температурасы $80\text{ }^\circ\text{C}$ құрады.

Екі сағат бойы $600\text{ }^\circ\text{C}$ температурада күйдіруге ұшыраған құрамында $\text{Ag} - 249,5\text{ г/т}$, $\text{Cu} - 26,4\text{ г/т}$ және $32,7\text{ г/т}$ алтын бар мыс кенінен алынған флотациялық концентратты тиосульфатты шаймалау бойынша зерттеулер жүргіздік. Тиосульфатты шаймалау процесін жақсарту мақсатында кен сынамалары $600\text{ }^\circ\text{C}$ температурада 2 сағат бойы күйдірілді. Тұрақты алтын - сульфидті кендер мен концентраттарды күйдіру процесінде пирит және арсенопирит минералдары тотығады, бұл олардың құрамындағы алтынның ашылуына әкеледі. Төменде концентратты тиосульфатты шаймалау бойынша тәжірибелер сериясының нәтижелері келтірілген. Шаймалау процесін оңтайландыру үшін натрий сульфиті, сондай-ақ мыс сульфаты берілді. Шығындар $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 - 20 - 100\text{ г/дм}^3$, $\text{Na}_2\text{SO}_3 - 30 - 80\text{ г/дм}^3$, процестің ұзақтығы 24 – 48 сағат, қатынасы $\text{K:C} = 1:5$, процестің температурасы $20 - 60\text{ }^\circ\text{C}$. Эксперименттердің нәтижелері кестеде келтірілген.

Жоғарыда келтірілген нәтижелерден көріп отырғанымыздай, еріткіш ретінде бір натрий тиосульфатын немесе оның натрий сульфатымен қоспасын қолданған кезде шаймалаудың төмен тиімділігі байқалады – 16 - 24 сағат ішінде алтынды алу тек 52 – 68 % құрайды.

Аммиак қоспалары тиосульфатты шаймалау процесіне оң әсер етті (сурет 3). Суреттен көрініп тұрғандай, алтынның еру жылдамдығының күрт артуы аммиак концентрациясы 1 г/дм^3 кезінде байқалады. Содан кейін шаймалау қисықтары тегістеледі және 3 г/дм концентрациясында алтын алу 90,4 %, күміс 68,4 % және мыс 38,7 % құрайды.



3 Сурет – Асыл металдарды алудың аммиак шығынына тәуелділігі

Осылайша, Тарор кен орнының флотациялық концентраттарынан алтынды тиосульфатты шаймалау цианид процесіне балама ретінде ұсынылуы мүмкін.

1.4 Тотыққан мыс кенін шаймалау әдістері

Малахит пен тотыққан мыс кенін шаймалау температураның кең диапазонында, тіпті теріс мәндерінде де жүреді, бұл үйінді шаймалауды қолдану мүмкіндігін анықтайды. Сульфидті кендерді шаймалау тек жоғары оң температурада тиімді жүреді. 200 °С температурада сульфидті, аралас және тотыққан кендерді сілтісіздендірудің кинетикалық заңдылықтарын, кен массасының ірілігі – 100 +0 мм, күкірт қышқылының 5 % концентрациясын зерттеу нәтижесінде келесі тәуелділіктер анықталды:

– Тотыққан мыс кені үшін:

$$E = 2,68 \cdot d^{-0,5029} \cdot \tau^{1,2 \cdot d - 0,48}, \quad (1.1)$$

– сульфидті кен үшін:

$$E = 0,33 \cdot d^{0,0364} \cdot \tau^{0,22 \cdot d - 0,01}, \quad (1.2)$$

– аралас кен үшін:

$$E = 0,31 \cdot d^{0,1673} \cdot \tau^{0,17 \cdot d - 0,49}, \quad (1.3)$$

мұндағы, E - ерітіндіге мыс алу, %;

d - шаймаланатын материалдың ірілігі, мм;

τ - шаймалау ұзақтығы, тәулік.

Кен кесегінің ең үлкен ірілігі 250 мм болған кезде 50 % шығарып алуға қол жеткізу үшін талап етілетін тотыққан мыс кенінің сілтілену ұзақтығы 20 күнді құрайды.

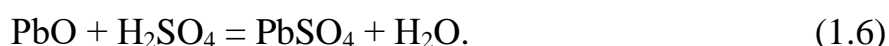
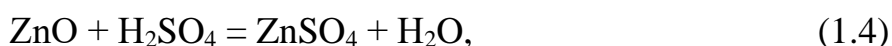
Кенді үймелеп шаймалау үшін еріткішті таңдағанда, олардың негізгілері көптеген факторлар ескеріледі:

- 1) кеннің химиялық және физикалық табиғаты;
- 2) еріткіштің құны;
- 3) еріткіштің аппаратураға коррозиялық әсері;
- 4) сілтіленетін өнімге қатысты еріткіш әсерінің селективтілігі;
- 5) еріткішті қалпына келтіру мүмкіндігі.

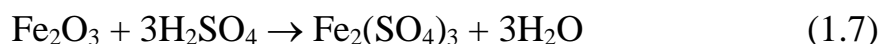
Жоғарыда келтірілген мәліметтерден көрініп тұрғандай, күкірт қышқылы баланстан тыс тотыққан кендерді шаймалау үшін өте қолайлы. Күкірт қышқылы-тотыққан мыс минералдарының жақсы еріткіші (Cu_2O , CuO). Және де күкірт қышқылы төмен құнымен ерекшеленеді және гидрометаллургиялық аппаратураға салыстырмалы түрде әлсіз коррозиялық әсер етеді [22].

Шикізаттың күрделі сипатын ескере отырып, мыстың жеке өнімге толық бөлінуін және мыс алудың селективтілігін қамтамасыз ету үшін күкірт қышқылы ерітінділеріндегі ілеспе мыстың құнды компоненттерінің іс – әрекеттерін зерттеу маңызды болды [23].

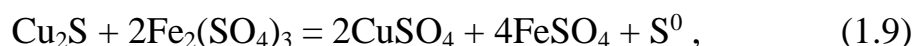
Өнімді күкірт қышқылымен шаймалау кезінде, жоғарыда көрсетілген реакциялардан басқа, негізгі минералдар мен қоспалардың (FeO , ZnO , PbO , Fe_2O_3) қатысуымен реакциялар жүреді):



Темір оксиді сияқты қоспалар да ериді:



пайда болған $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ мыс қосылыстарымен әрекеттеседі:



Металл мыс қышқылданған ерітінділерде темір сульфатының қатысуымен жақсы ериді:



Темір (III) сульфатының ерітіндісі көптеген табиғи мыс сульфидтері үшін жақсы еріткіш болып табылады. Алайда, бұл еріткіш мыс гидрометаллургиясында тәуелсіз мәнге ие емес. Мұның себебі - су ерітінділеріндегі $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ гидролизі. Сульфатқа тұрақтылық беру үшін ерітінділерді күкірт қышқылымен қышқылдандыру керек.

Аталған реагенттер сульфидті минералдарға біріккен кезде $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ сульфидті тотықтырғыш ретінде жұмыс істейді, ал күкірт қышқылы олардың нақты еріткіші болып табылады.

Қышқыл темір, егер целлюлозада оттегі болса, реакция арқылы қайтадан тотықтырылады:



тривалентті темір сульфаты FeSO_4 - ке дейін азаяды. FeSO_4 - тің $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ -ке кері тотығуы еріткішті қалпына келтіру үшін ауамен үрлеу арқылы жүзеге асырылады.

Осылайша, целлюлозада әрдайым сульфидті тотықтырғыш темір сульфидінің белгілі бір мөлшері болады, бірақ сульфидтердің еруі оксидтердің еру реакциясына қарағанда баяу жүреді. Бұл мыс минералдарының қосымша тотығуына мүмкіндік береді.

Осылайша, кенді шаймалаудың келесі оңтайлы шарттары белгіленді: күкірт қышқылының концентрациясы 50 - 75 г/л, ұзақтығы 15 күн.

Мұндай жағдайларда ерітіндіге мыс оксидтерін алу деңгейі 98,5 - 99 %, мыс сульфидтері 5,6 % құрайды.

Күкірт қышқылын шаймалау тортында сульфид түрінде 0,14 % мыс бар; яғни мыс оксидтері толығымен күкірт қышқылының ерітіндісіне ауысқаны анық, ал аз мөлшерде сульфидтер қатты фазада қалды.

1.5 Асыл металдарды тиосульфатты шаймалау

Сілтілік ортада сульфит ионы мен мыс ионының қатысуымен алтын мен күмісті аммоний тиосульфатының немесе натрийдің ерітінділерімен шаймалау әдісі әлемдік тәжірибеде өте танымал. Оны пайдалану, ең алдымен, цианид ерітінділерімен (мыс, марганец, көмір және т.б.) шаймалауға жарамсыз кендерді өңдеу үшін қажет болды. Бұл әдісті нақты мысалдармен қолдануды қарастырылды.

Аммоний – тиосульфатты шаймалау құрамында 3 г/т алтын, 113 г/т күміс және 7 кг/т марганец бар (MnO_4 түрінде) риолит кені үшін зерттелген [13]. Шаймалау құрамында бар ерітіндімен жүргізілді, %: 1 – 42 $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$; 0,7 – 14 NH_3 ; 0,15 – 6 CuSO_4 25 – 60 °С температурада және процестің ұзақтығы 3 сағатқа дейін. Бастапқы уақыт кезеңінде шаймалау жылдамдығы жоғары, бірақ 1 сағаттан кейін жылдамдық төмендейді. Температураның жоғарылауымен Au

және As экстракция дәрежесі жоғарылайды және 3 сағат шаймалаудан кейін сәйкесінше 50 °С, 90 % және 70 % жетеді. Тиосульфат ионының концентрациясының жоғарылауымен бүкіл зерттелген аймақта күміс алу өседі, ал алтын алу 10 % ион концентрациясында 80 % жетеді. Тиосульфат ионы болмаған кезде алтынның ерігіштігі өте төмен. Ерітіндідегі бос аммиактың концентрациясы іс жүзінде алтынның алынуына әсер етпейді. Күміс үшін NH_3 концентрациясының 7 % - ға дейін жоғарылауы ерітіндіге ауысады, ал концентрацияның одан әрі өсуімен төмендейді.

CuSO_4 концентрациясының өзгеруі алтын мен күміс алудың дәрежесіне ұқсас әсер етеді. Осы кеннен алтын мен күмісті шаймалаудың оңтайлы шарттары анықталды: тиосульфат ионының концентрациясы 22 %; аммиак – 7 % дейін; CuSO_4 концентрациясы 1,5 % дейін; 50 °С температурада және ұзақтығы 2 сағат.

Асыл металдарды алу құрамында мыс, селен, теллур және марганец бар тұрақты кеннен аммоний тиосульфатының ерітіндісімен жүзеге асырылады, марганец мөлшері 0,5 % - дан асады [14]. Оңтайлы температура 40 – 50 °С. Реагенттегі тиосульфаттың ыдырауын болдырмау үшін сульфит ионының концентрациясы 0,05 % - дан асады. Тиосульфат пен аммоний сульфитінің концентрациясы күкірт диоксиді мен қарапайым күкіртті қолдайды. Бұл ерітіндімен құрамында 456 г/т күміс және 10,5 % марганец бар кен өңделді, күмісті алу 90 % құрады.

Құрамында алтын – 0,4 г/т, күміс – 343 г/т, марганец – 2,1 % бар, құрамында марганец бар кенді аммоний–тиосульфат ерітінділерімен шаймалау параметрлері әзірленді [15]. Ерітіндінің шамамен құрамы: 18 % $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_3$; 3 % $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3$; 2 % NH_4OH ; 4 г/л мыс. 1 тонна кенде аммоний тиосульфаты 3,6 кг, аммоний сульфиті 1,35 кг және мыс 0,45 кг жұмсалған кезде күміс 93,2 %, алтын 86,7 % - ды құрады.

Тиосульфат, Cu^{2-} және NH_4OH концентраттарының сульфидті концентраттардан алтын алуға әсері зерттелді [16]. Алу 95 % 50 °С кезінде жетеді, С:Қ = 1:3 пульпаны аэрациялау жағдайында концентрация кезінде (моль/л): NH_4OH 2 – 4; $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 0,5 – 0,8; $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,2 – 0,3; Cu 2 г/л. Тиосульфат болмаған кезде, сондай-ақ оның жоғары құрамы кезінде алу 20 % - дан аспайды.

Мыс, тиосульфат және сульфит иондарының температурасы мен концентрациясының құрамында күрделі пирит шикізатынан [17] алтын мен күмісті шаймалауға әсері зерттелді (г/т): Au 12,31; Ag 1390, сондай - ақ (%): Cu 5,97; Pb 4,38; S 28,34; Zn 1,33; Fe 26,04; Si 28,34. Оңтайлы жағдайларда алтын мен күмісті алу сәйкесінше 93,38 және 85,64 % құрайды.

Құрамы бар алтын [18] құрамды кен, %: Si 3,97; Al_2O_3 3,97; Fe 2,0; FeO 3,3; CaO 2,7; S 0,34; K_2O 2,97; Au 21,8 г/т; Ag 90,2 г/т аммиак ортасында (NH_4OH 10 – 15 г/л) натрий тиосульфатының ерітіндісімен мыс сульфатының қатысуымен шаймалау ұсынылды (6 – 8 г/л) 80 °С кезінде 1,5 – 2,0 сағат ішінде ерітіндіге алтын алу 97 % - ға дейін құрайды.

4 Кесте – Алтын мен күмісті аммиакты – тиосульфатты шаймалау технологиясын ірілендірілген сынау нәтижелері

№	Кен орны. Кен құрамындағы Au, Ag (г/т), және қоспалар, %	Шаймалау ерітіндісі, %		Ерітіндіге шығару, %	
		(NH ₄) ₂ S ₂ O ₃	(NH ₄) ₂ SO ₃	Au	Ag
1	Бельмонт (АҚШ) Au 0,06; Ag 314,0; Mn 22,4	18,4	1,3	-	82,2
2	Проспекто (Мексика) Au 2,5; Ag 373,3; Mn 2,1; Cu 1,1	19,7	0,9	95,0	83,5
3	Норанда 2062 (АҚШ) Au 0,24; Ag 373,0; Mn 18,0; Cu 2,0	17,7	0,8	50,0	95,3
4	Гуанацеви (Мексика) Au 0,62; Ag 164,8; Mn 7,4	18,8	0,8	80,0	96,2
5	Круз де майо (Мексика) Au 0,37; Ag 401,2; Mn 0,9	19,3	0,7	50,0	84,3
6	Ботл маунтин (АҚШ) Au 2,74; Ag 15,7; Cu 0,3	18,8	1,0	95,5	96,0

Кестеде алты нақты объектіде өткізілген алтын мен күмісті аммиакты-тиосульфатты шаймалау технологиясын ірілендірілген сынау нәтижелері келтірілген [19]. Тиосульфат пен аммоний сульфитінен басқа шаймалау ерітіндісіндегі барлық сынақтарда мыс сульфаты (0,4 %) болды.

Тәжірибелік – өнеркәсіптік жұмыстар «Бақыршық» кен орнының құрамында алтыны бар сульфидті көмір-мышық концентраттарынан алтынды аммиак-тиосульфат ерітінділерімен шаймалау мүмкіндігін дәлелдеді [20]. Концентраттың құрамы, %: As 7,09; Fe 15,42; S 11,8; C 6,72; Au 61,1 (г/т). Шаймалау тың тау-кен химия комбинатының күкірт қышқылы өндірісінің қалдық газдарын санитарлық тазарту кезінде пайда болатын сульфит - бисульфит ерітіндісінің негізінде алынған реагентпен жүргізілді. Реагент құрамы, г/л: (NH₄)₂S₂O₃ 10; (NH₄)₂SO₃ 60; CuSO₄ 1; NH₃ рН = 9,0 – 9,5 дейін. Алтынды шаймалау Қ:С = 1:10, 40 – 60 °С температурада 3 сағат бойы жүзеге асырылды. Ерітіндіге алтын алу дәрежесі 97 %.

Асыл металдарды тиосульфатты шаймалау процесін Иркутск зерттеушілері әртүрлі минералды шикізатпен сынап көрді: кварц алтын – күміс кендері, әртүрлі кен орындарының кендерін флотациялау қалдықтары, сондай - ақ құрамында алтын бар саз кендері [21]. Натрий тиосульфатының бастапқы концентрациясы 20 - 80 г/л кезінде бастапқы материалдардың заттық құрамына қарамастан, 1,5 –2,0 сағат ішінде стандартты цианистік процеске сәйкес келетін алтын алуға қол жеткізілетіні атап өтілді. Шаймалау ерітіндісінде 30 г/л дейін сульфит пен натрий сульфаты, 5 – 15 г/л дейін қорғаныш сілтiсi және 1 – 2 г/л мыс сульфаты болуы керек. Шаймалау процесінің температурасы 80 °С деңгейінде сақталды. Бұл ретте аммиакты ортада [21] кеннен металдарды алу бойынша келесі көрсеткіштерге қол жеткізілді, % :

Кварц кені:

алтын бар	95 Au	90 Ag
күміс бар	95 Au	98,5 Ag
алтын кенінің қалдықтары	94 Au	
сазды алтын кені	97 Au	94 Ag

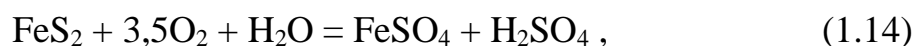
Осылайша, келтірілген ақпарат көздерінің толық емес тізбесіне сәйкес асыл металдарды алу үшін тиосульфатты ерітінділерді пайдаланудың әлемдік тәжірибесі осы реагенттің шикізаттың әртүрлі түрлері үшін, оның ішінде дәстүрлі циандау тәсілімен алу үшін жарамсыз болып табылатыны үшін әмбебаптығын көрсетеді.

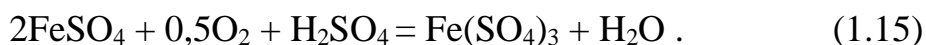
1.6 Мыс алу тәсілдерін зерттеу

Құрамында 25 % мыс бар концентратты Қ:С = 1:4 кезінде 50 г/л концентрациясы бар күкірт қышқылды су ерітіндісімен механикалық араластырғышы бар реакторда сілтілендіру 1 сағат ішінде 25 °С температурада мыстың ерітіндіге орташа есеппен 2,7 % - ға ауысуына әкеледі, бұл негізінен концентратта тотыққан мыстың болуына байланысты. Пульпа ауамен 100 °С температурада қарқынды араластырған кезде барботердегі концентратты сілтілендіру 4 сағат ішінде 300 г/л концентрациясы бар күкірт қышқылы ерітіндісіне мыс алудың 17 % - ға дейін ұлғаюына әкеледі. Бұл тәжірибелер көрсеткендей, оттегі тотықтырғыш ретінде концентраттың күкірт қышқылын шаймалауды күшейту үшін тиімді, бірақ уақыт өте келе процесс тежеледі, бұл реакция бетінің реакция өнімдерімен бітелуіне байланысты, мысалы:

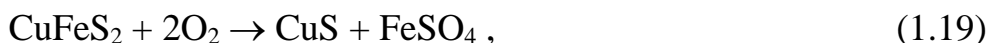
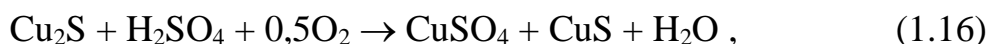


Егер біз оттегінің әсер ету механизмін қарастыратын болсақ, онда ол өте күрделі және келесі реакциялардың жүруімен бірге жүреді:

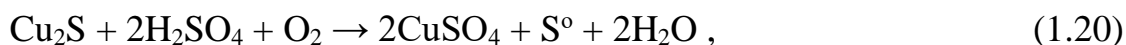




Пириттің темір сульфатымен тікелей әрекеттесуі мүмкін, нәтижесінде күкірт қышқылы пайда болады. Бұл реакциялардың жылдамдығы температура мен оттегі қысымының жоғарылауымен бірге өсетіні белгілі. Олардың толықтығын анықтайтын негізгі параметрлер уақыт бірлігіне реакция аймағына енгізілген (сұйық фазада еритін) температура мен оттегінің мөлшері болып табылады. Сондықтан пириті бар сульфидті мыс концентраттарын оттегінің жоғары қысымымен және күкірт қышқылының төмен концентрациясымен шаймалауды жақсарту жолдарын іздеу перспективалы болады, өйткені оттегі мен пирит болған кезде ол қалпына келеді. Сонымен қатар, мыс тотықтырғыш – тривалентті темір сульфаты қалпына келтіріледі. Алайда, негізгі оттекпен қатар оттегі болған кезде:

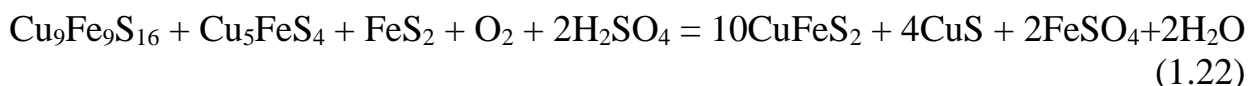


реакциялар реакция бетін бұғаттайтын өнімдерді қалыптастыру үшін жүреді, мысалы:



Концентратты алдын ала тотықтырғыш күйдіру, сондай-ақ ерітіндіге мыстың қолайлы алынуын қамтамасыз етпейді. Күйдіру температурасының 600-ден 800 °С - қа дейін жоғарылауы және ұзақтығы 2 - ден 4 сағатқа дейін шаймалау режимдерінде ерітіндіге мыс алудың айтарлықтай өсуіне әкеледі, алайда мыстың көп бөлігі кекте қалады.

Бастапқы концентратты және оны қайта өңдеу өнімдерін рентгенофазалық талдау нәтижелері қызығушылық тудырады. Кекте шаймалау кезінде пирит фазасы байқалмайды. Бұл тотығу кезінде ол толығымен тотығады, ал тотығу өнімі күкірт қышқылының ерітіндісіне өтеді. Халькопирит пен ковеллин фазалары да анықталмайды. Шамасы, күйдірілген концентратты күкірт қышқылын өңдеу процесінде реакциялар жүреді, бұл реакция арқылы қатты фазаның өзгеруіне әкеледі:

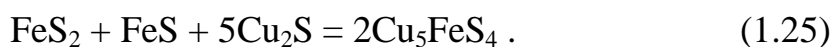


оның ағымы үшін 1 г мыс атомына 10 г темір атомы жеткілікті.

Шаймалау процесін оның классикалық мағынасында қарқындату үшін концентратты механоактивациялау, атап айтқанда планетарлық ортадан тепкіш диірмендер, дезинтеграторлар, реактивті және діріл диірмендері сияқты энергия жүктелген аппараттарды жылдық өңдеу көлемі жылына 0,5 млн.т. астам концентратты пайдалану кезінде көрсетілген жабдықты әзірлеудің қазіргі кезеңінде тиімсіз. Мыстың сульфидті концентраты үшін "құрғақ" да, "дымқыл" да (К:С = 1:1 кезінде) активтендіру фазалық құрамының айтарлықтай өзгеруіне және негізінен халькопириттен тұратын удокан кен орнының сульфидті концентратын механоактивациялау 90 % - дан кем емес күкірт қышқыл ерітіндісіне мыс алуды қамтамасыз ететініне қарамастан, механоактивация өнімін шаймалау кезінде ерітіндіге мыс алудың өсуіне әкелмейді. Бұл сульфидті халькопирит концентраттарының айтарлықтай морфологиялық айырмашылығын көрсетеді. Механоактивациядан бұрын және кейін концентратта негізінен халькопирит, ковеллин, пирит және кварц фазалары болады. Механикалық белсендірілген үлгінің күкіртқышқылды сілтісізденуінен кекектің фазалық құрамы да өзгермейді. Мұны келесідей түсіндіруге болады: "құрғақ" активтендірудің τ_a ұзақтығы неғұрлым ұзақ болса, аз реактивті минералдардың механохимиялық синтезінің реакциялары, мысалы реакциялар:



(реакция тек механоактивация арқылы ғана емес, сонымен қатар термо-диссоциация арқылы да жүреді және τ_a соғұрлым қарқынды болады, өйткені жергілікті жүктеме жылынады):



"Дымқыл" механоактивация кезінде бұл реакциялар, біріншіден, активатор барабандарының құрамының аз жылынуына, екіншіден, судың демпферлік әсерінен шарлардың соғу жиілігі мен күшінің төмендеуіне байланысты аз болады. Шамасы, мыстың ерітіндіге ауысу дәрежесін өзгертудің негізгі әсері бұл жағдайда механоактивациямен емес, ұнтақтаумен байланысты.

Жүргізілген эксперименттерден жасалуы мүмкін негізгі қорытынды – бұл кейіннен күкірт қышқылын шаймалауды күшейту үшін мыс концентратын алдын-ала механоактивациялау тиімсіз.

Тотығу күйдіру арқылы механоактивацияның әр түрлі комбинациясы (күйдіру–күйдіру механоактивациясы, концентратты механоактивациялау – күйдіру) күтілетін нәтижеге әкелмеді (мыс ерітіндіге 90 % және одан жоғары

деңгейде шығарылады). Сондықтан өрттің басқа нұсқалары, атап айтқанда сульфатизация және хлорлау сыналды.

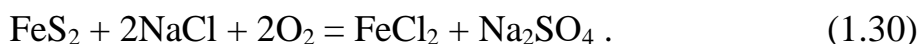
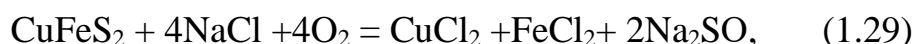
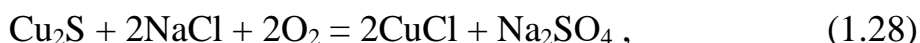
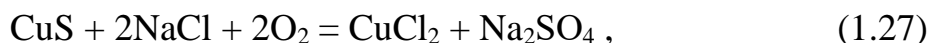
200 – 250 °C кезінде концентрацияланған H₂SO₄ концентратын сынақ тәжірибелерінде өңдеу ~ 60 % ерітіндіге мыс алуға мүмкіндік берді. Мұндай өңдеу технологиялық параметрлерді оңтайландыру кезінде перспективалы болғанымен, атмосфераға күкірт газының бөлінуіне әкеледі, мысалы, реакция:



бұл қолайсыз және атмосфераның күкірт газдарымен ластануын болдырмайтын технологияларды іздеуді алдын-ала анықтады.

Зиянды газдардың атмосфераға шығарылуын болдырмайтын сульфидті мыс концентратын өңдеу мәселесін, біздің зерттеулеріміз көрсеткендей, NaCl – мен алдын-ала хлорлау арқылы шешуге болады (бірақ KCl - мен жақсырақ, өйткені бұл жағдайда атыс өнімдерінде құнды калий тыңайтқышы-калий сульфаты пайда болады). Бұл опция жаңа емес және қарапайым пирометаллургиялық жабдықта– электр айналмалы құбырлы пештерде немесе кез - келген отынмен (газ, мазут) жұмыс істейтін пештерде жүзеге асырылуы мүмкін. Сульфидті шикізатты шаймалауға дайындаудың бұл әдісі алғаш рет Эрдэнэт концентратына қолданылған. Біз оңтайлы режимдерде ерітіндіде мыс өндіруге 95 % - дан төмен емес қол жеткізуге болатындығын көрсеттік.

Күйдіру кезіндегі негізгі реакциялар:



1.6.1 Тотығу – тотықсыздану реакциясы

Күйдіру процесінің механизмі зарядталған бөлшектер – иондар мен электрондардың (Na⁺ және Cl⁻) қатысуымен екі фазаның бөлімінде жүретін гетерогенді болып табылатын электрохимиялық процестерге негізделген. Мұндай екі фазалы жүйелер электродтар деп аталады. Олар иондық өткізгіштігі бар (NaCl) сұйық немесе қатты электролиттермен тікелей байланыста болатын электронды өткізгіштік, металл немесе жартылай өткізгіш сипаттағы қатты немесе сұйық материалдар. Электрондар интерфазалық шекараға жеткізілетін немесе одан шығарылатын электродтардың бөлігі астар деп аталады. Көптеген жағдайларда төсеніш материалы реакцияға қатысады, ал егер ол бейтарап болса, ол тек электронды таратқыш ретінде қызмет етеді. Электрохимиялық

реакциялар кезінде пайда болатын электрод процестері оларды қарапайым химиялық реакциялардан ерекшелейтін бірқатар ерекше қасиеттерге ие. Олар тотығу-тотықсыздану реакцияларының жартысын білдіреді: не тек тотықсыздану (катодта) немесе тотығу (анодта). Тотықсыздандырғыш (электронды донор) немесе тотықтырғыш (электронды акцептор) рөлін электрод арқылы өтетін электр тогы атқарады. Электрондық өткізгіштігі бар электродтың төсемі электрондарды тотықтырғыш компоненттен алады немесе оларды азайтылатын компонентке береді. Бұл жағдайда электродтағы заттың иондалуы (мысалы, анодтағы металл немесе катодтағы хлор) немесе электролиттегі иондардың разрядтары немесе қайта бөлінуі орын алады:



1.6.2 Термоэлектрохимиялық реакцияның шарттары

Термоэлектрохимиялық реакцияның шарттары келесідей:

1) Компоненттердің қатарына электронды өткізгіштігі бар ұсақ дисперсті түрдегі заттар (реакциялардың жылдамдығын арттыру үшін) кіруі керек; мұндай заттар металл сульфидтері болып табылады;

2) Электролиттік ортада иондық өткізгіштігі бар заттар болуы керек, мысалы, NaCl;

3) Электролиттік ортаға берілген заттардың түзілуі үшін қажетті қосымша химиялық реагенттер енгізілуі мүмкін. Сонымен қатар, бұл қосымша заттар кез- келген агрегаттық күйде болуы мүмкін.

Химиялық реакциялар (яғни анодтық - катодтық) электронды өткізгіштігі бар материалдан әрбір микрочастицада тотығу – тотықсыздану реакциясы ретінде жүзеге асырылады; бұл ретте аталған микробөлшектер каталитикалық функциялардан басқа осы бөлшектің айналасындағы электролитке қатысты сыртқы электр тізбегінің рөлін атқарады. Бұл жағдайда химиялық энергияны электр энергиясына микроскопиялық түрлендіргіштердің жұмысына сәйкес келетін принцип пен шарттар бойынша пайда болатын көлемді бірнеше микро-ЭХГ функциясы. Әрбір микрочастикте дамыған ЭМҚ мөлшері макронутриенттің ЭҚК шамасына тең болатындығын ескерген жөн. Соңғысын ескере отырып, ток түзетін реакциялар нәтижесінде пайда болған ЭМҚ бөлшек көлемінің кіші ішкі электр кедергісіне байланысты электр өткізгіш бөлшектердің көлемінде жоғары тығыздықтағы электр токтарын тудыруы мүмкін деп болжауға болады. Бұл, өз кезегінде, айтарлықтай жылу мен қоршаған ортаны жылытуға әкелуі мүмкін.

Осылайша, егер классикалық электролиз процестері жеткілікті үлкен мөлшердегі жұптасқан электродтарды қолдануға негізделген болса, онда көптеген микроэлектродтарды қолданған кезде көп компонентті химиялық реакцияларды жүзеге асырудың сапалы жаңа шарттары мен мүмкіндіктері пайда болады.

Негізінде химиялық компоненттердің сәйкес иондарға ыдырауы жүреді. Әр түрлі табиғаттың сыртқы әсерлері процестің кинетикасы мен соңғы нәтижелеріне қатты әсер етуі мүмкін.

Бір қызығы, зарядта аз мөлшерде NaOH болуы (10 %) спекті кейіннен сілтілеу кезінде ерітіндіге мыс алудың ~ 1 % артуына әкеледі. Бұл аз мөлшерде сұйық фаза пайда болған кезде диффузиялық процестердің үдеуімен байланысты.

2 Тәжірибелік бөлім

Соңғы бірнеше жылда алтын алу үшін тиомочевина, хлорид, бромид және аммоний тиосульфаты сияқты балама сілтісіздендіру заттарын қолдану кеңінен зерттелді. Бұл шаймалайтын заттар, егер олар алтын алуды жақсартса немесе реагент шығындарын үнемдеуге әкелсе, әсіресе тартымды болады. Ең дұрысы, шаймалау арзан немесе қайта өңделетін, селективті, ұйғты емес және кейінгі қалпына келтіру процестерімен үйлесімді болуы керек. Іс жүзінде барлық осы критерийлерді орындау өте қиын.

Тиосульфат алтын мен күмісті күрделі комплекс түзу қабілетіне ие. Сонымен қатар, аммоний тиосульфаты салыстырмалы түрде улы емес және ондаған жылдар бойы тыңайтқыш ретінде қолданылады, сондықтан экологиялық тұрғыдан цианидке қарағанда белгілі бір артықшылығы бар. Реагенттердің нақты құнын салыстыра отырып, аммоний тиосульфаты натрий цианидіне қарағанда әлдеқайда арзан (\$1,80/кг – ға қарсы \$0,13/кг). Сондықтан, шаймалайтын заттарды ұқсас немесе одан да көп тұтыну кезінде тиосульфатты алтын алу үшін қолдану үнемді және цианидпен тікелей бәсекелесе алады. Мыс-алтын кендері отқа төзімді алтын кенінің бір түрін құрайды. Үлкен саны осы түріне кенді қайта өңдеу үшін қол жетімді. Цианидте еритін мыстың алтынға жоғары қатынасы бар кендерді цианидпен өңдеу мыс-цианид кешендерінің пайда болуы нәтижесінде цианидтің көп тұтынылуына байланысты қолайсыз.

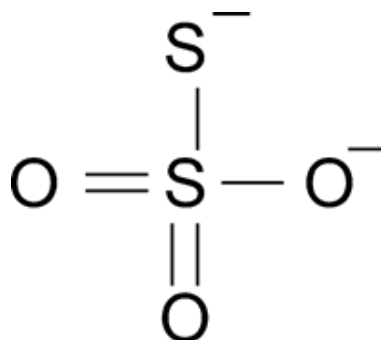
Аммоний тиосульфаты мыс – алтын кендерін өңдеу үшін цианидке балама ретінде әсіресе тартымды. Мыстың болуы тиосульфатты шаймалау кезінде қажет, ал цианидті шаймалау кезінде ол зиянды. Сонымен қатар, мыс пен алтынды алудың жеткілікті және үнемді әдістері болған кезде алтынды да, мысты да алуға болады.

Аммиакты тиосульфатты алтын алу жүйесінің химиясы әлі толық зерттелмеген көптеген өзара байланысты химиялық тепе - теңдікті қамтиды. Бұл күрделілікті аммоний тиосульфатының сілтілену ортасын анықтайтын үш негізгі компоненттің болуымен түсіндіруге болады: аммиак, тиосульфат және мыс. Тиосульфат ерітіндідегі алтынды тұрақтандырады, ал мыс пен аммиак шаймалау реакциясын тездетеді. Бұл түрлер, еріген металл иондары, атмосфералық газдар және кен минералдары арасында көптеген реакциялар жүруі мүмкін. Жүйенің тағы бір асқынуы – тиосульфат тотығу деградациясына бейім; тиосульфат – бұл метастабильді күкірт түрі, ол су ерітінділерінде ыдырайды.

2.1 Тиосульфатпен шаймалау процесінің ерекшеліктері

Тиосульфаттар – бұл күкірт атомымен алмастырылған бір оттегі атомы бар сульфаттың құрылымдық аналогы болып табылатын $S_2O_3^{2-}$ тобы бар қосылыстар. Екі күкірт атомы бірдей емес (сурет 4). Бірегей тиосульфат – ион

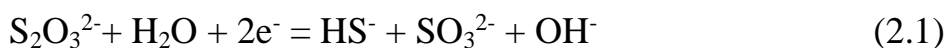
химиясында $S_2O_3^{2-}$ немесе SSO_3^{2-} , сульфид тәрізді күкірт атомы басым, ол тиосульфаттардың қалпына келтіру қасиеттері мен күрделі түзілу қабілетіне жауап береді.



4 Сурет – Тиосульфат ионының құрылымы

Тиосульфаттың химиялық қасиеттеріне мыналар жатады:

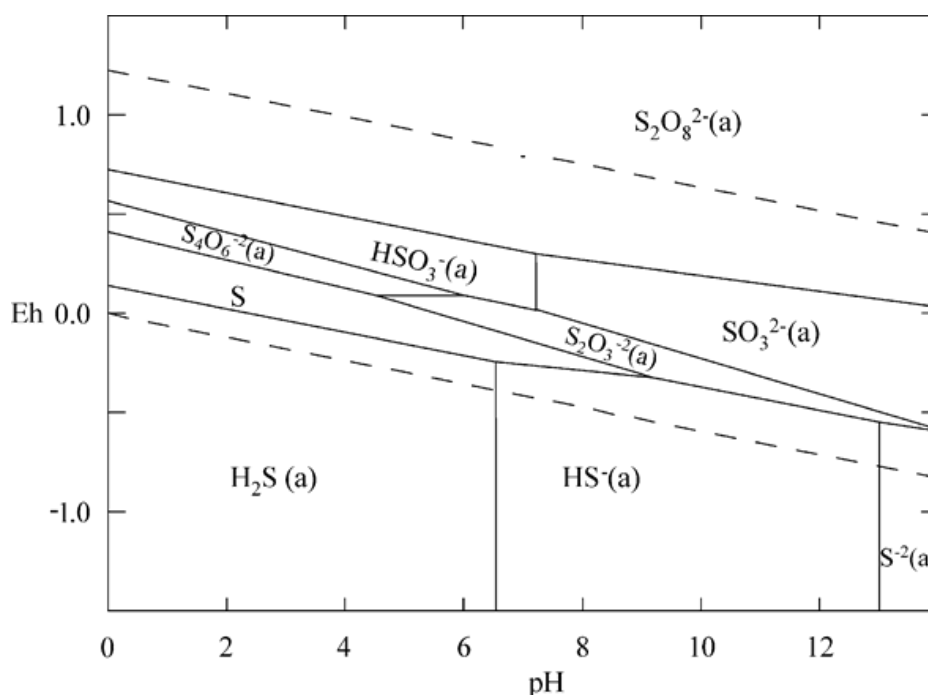
- 1) Тотығу үрдісі (O_2 , Cu^{2+} т.б.);
- 2) $pH < 5,5$ - тен S^0 -ге дейін және HSO_3^{2-} де гидролизге бейімділік - pH сәл қышқылымен және күшті қышқылдағы күрделі қоспаларға;
- 3) Негізгі ерітіндідегі орташа жақсы гидролитикалық тұрақтылық;
- 4) Алтын, күміс, мыс (Cu^+ және Cu^{2+}), темір (Fe^{3+}) және т. б. сияқты әртүрлі металдармен кешендер құру мүмкіндігі;
- 5) Бұл кешендердің тұрақтылығы шешім жағдайларына байланысты;
- 6) Металл сульфидтерінің түзілуі, мысалы, мыс, күміс, сынаппен;
- 7) Еркін сульфидке дейін қалпына келтіру тұрақтылығы; E^0 – ден E_q - 0,643 В.



2.2 Аммоний тиосульфатының термодинамикасы

Аммоний тиосульфаты жүйесінің кейбір негізгі аспектілері: термодинамика, мыс катализі және тиосульфаттың деградация жолдары.

Аммоний тиосульфатының термодинамикалық жүйесі тұрақсыз. Аммиак пен тиосульфат булану немесе ыдырау нәтижесінде жоғалады. Сондықтан бұл жүйе үшін нақты тепе - теңдік диаграммаларын құру мүмкін емес. Жүйеден сульфат иондары сияқты тұрақты түрлерді алып тастай отырып, метастабильді түрлердің ерекшеліктерін зерттеуге болады (5 суретті қараңыз). Қарастырылатын түрлері: NH_4^+ , NH_3 , $S_2O_3^{2-}$, S^0 , $S_xO_6^{2-}$ ($x \geq 2$), SO_3^{2-} , HSO_3^{2-} , H_2S , HS^- және S^{2-} .



5 сурет – 25 °С кезінде S – H₂O жүйесі үшін Eh – рН диаграммасы

Осы зерттеуде пайдаланылған эксперименттік жағдайларды көрсететін Eh – рН диаграммалары CSIRO Thermochemis - try компьютерлік бағдарламасының көмегімен жасалды. Осы ерітінділерде болады деп күтілетін мыс пен алтынның әртүрлі түрлеріне арналған термодинамикалық мәліметтер 5 - кестеде келтірілген. рН диапазоны 6 мен 14 арасында таңдалды, рН 6 - дан төмен тиосульфат гидролизімен байланысты күрделі реакциялар басталады, олар осы зерттеуге қатысы жоқ. Диаграммалар молярларды қолдана отырып жасалды, өйткені бұл жүйеде шешімдердің күрделі сипатына байланысты белсенділік коэффициенттері қол жетімді емес.

5 Кесте – Тиісті түрлердің термодинамикалық деректері

Формула	ΔG_f^0 (кДж/моль)	Формула	ΔG_f^0 (кДж/моль)	Формула	ΔG_f^0 (кДж/моль)
H ₂ O	-237.18	S ₂ O ₃ ²⁻	- 518.8	HSO ₃ ⁻	- 527.81
OH ⁻	-157.29	S ₂ O ₃ ²⁻	-532.2 ^{a,b}	Au	0
NH ₃	-26.6	S ₂ O ₄ ²⁻	-600.4	Au ⁺	176
NH ₄ ⁺	-79.37	S ₂ O ₅ ²⁻	-791	Au ³⁺	440
S ²⁻	86.31	S ₂ O ₆ ²⁻	-966	AuO ₃ ³⁻	-51.9
S ₂ ²⁻	79.5	S ₂ O ⁻	-1110.4	HAuO ₃ ²⁻	-142
S ₃ ²⁻	73.6	S ₃ O ₆ ²⁻	-958	H ₂ AuO ₃ ⁻	-218
S ₄ ²⁻	69	S ₄ O ₆ ²⁻	-1022.2	Au(OH) ₃ (aq)	-283.5
S ₅ ²⁻	65.7	S ₅ O ₆ ²⁻	-956	Au(OH) ₃ (s)	-317
SO ₃ ²⁻	-486.6	HS ⁻	12.05	Au(NH ₃) ₂ ⁺	-41.1 ^c
SO ₄ ²⁻	-744.63	H ₂ S (aq)	-27.87	Au(S ₂ O ₃) ₂ ³⁻	-1048 ^c

2.3 Шаймалау процесін зерттеу. Шаймалау процесіне әртүрлі факторлардың әсерін анықтау

Зерттеу жұмыстары әртүрлі мандер қатынасында (Қ:С) орындалды. Зерттеу жұмыстарында кен ретінде мыс сульфиді қолданылды. Ең алдымен мыс сульфид кеннен салмағы 50 грамм өлшенеді, колбаға салынады және еріткіш құйылып, колба магниттік араластырғышқа салынады. Эксперимент кезінде магниттік араластырғыштың айналу жылдамдығы 220 айн/мин камтиды. Еріткіш бізде аммоний тиосульфаты ерітіндісі алынады.

Шаймалау біткеннен кейін, ерімеген фаза фильтрлеу арқылы бөлінеді, одан кейін дистелденген су арқылы жуылады. Алынған қатты фазаны кептіргіш пеште салынып, сол арқылы кептіріледі, одан кейін сұйық фазадағы мыстың концентрациясы анықталды.

Зерттеу нәтижелер 6 - 8 кестеде көрсетілген. Шаймалау процесіне әртүрлі факторлардың әсерлері қарастырылды.

2.3.1 Шаймалау процесіне уақыттың әсері

Мыс сульфидін шаймалау процесі кезіндегі уақыт ұзақтығының әсерін зерттеу осындай шарттарда жүргізілді: тиосульфат ерітіндісі – стехиометриялық мөлшерден 97 % қажеттілігінде, температура – 85 °С, Қ:С қатынасы 1:4. Шаймалау процесіне уақыттың әсерін зерттеу 20 – 120 минут арасында жүргізілді. Зерттеу нәтижелері 6 – кестеде көрсетілген.

6 Кесте – Шаймалау кезінде тәжірибеге уақыт әсерінің нәтижелері

Зерттеуді орындауға уақыттың әсері, мин	Мыстың ерітіндіге өту дәрежесі, %
20	15
40	27
60	33
80	41
100	45
120	47

Кестедегі мандер нәтижесі бойынша ең ұтымды уақыты ретінде 100 минут таңдалып алынды. Шаймалау процесін 100 минуттан ұзақ жүргізгенде мысты ерітіндіге бөліп алу дәрежесі неғұрлым артады және алынған ерітіндіміз ерімеген қалдықтан бөлу кезінде көп қиындықтарды тудырады. Мұндай шаймалау процесін ең алдымен жеңілдету үшін 100 минут ұзақтығы таңдалынды.

2.3.2 Шаймалау процесіне температураның әсері

Мысты ерітіндіге неғұрлым көп мөлшерде бөліп алу үшін және температураның тиімді әсерін білу мақсатында біз әртүрлі температурада зерттеу жүргіздік. Эксперимент жұмыстары 35, 55 және 85 °С кезінде жүргізілді. Эксперимент келесідей шарттарда жүргізілді: ұзақтық – 100 мин, Қ:С қатынасы 1:4. Эксперименттер тұжырымы 7 – кестеде көрсетілген.

7 Кесте – Шаймалау кезінде тәжірибеге температураның әсері

Температураның әсері, °С	Мыстың ерітіндіге өту дәрежесі, %
35	21
55	33
85	47

2.3.3 Шаймалау процесіне Қ : С қатынасының әсері

Зерттеу жұмыстары әртүрлі Қ : С фазалары қатынасында кезінде жүргізілді (1:1 ден 1:4 ке дейін). Қ : С фазаларының қатынасы және мыстың ерітіндіге өту дәрежесі төмен болуы түсіндірледі – көлемі аз ерітіндінің қанығуы болып табылады. Қ : С фазалары қатынасының 1:4 – тен жоғары болған сайын алынған өнімді ерітіндіміз сұйылта бастайды және мыс концентрациясы төмендей бастайды сондықтан үлкен қатынастар қолданылмайды. Тәжірибе температурасы – 85 °С, ал шаймалау уақыты – 100 минут кезінде жүргізілді. Эксперимент қорытындысы 8 - кестеде көрсетілген.

8 Кесте – Шаймалау кезінде тәжірибеге Қ : С қатынасының әсері

Қ : С қатынасының әсері	Мыстың ерітіндіге өту дәрежесі, %
1:1	35
1:2	47
1:3	47
1:4	47

Сонымен қоса, Қ:С фазалары қатынасының үлкен болуынан мыстың ерітіндіге өту дәрежесі 60 %-дан аспайды.

Сонымен, эксперимент негізінде мыс сульфидтерін шаймалау процесі кезінде ең тиімді шарттары ретінде: температурасы 95 °С; уақыт 100 минут,

Қ : С фазалары қатынасы 1:4 таңдалынып алынды. Ең тиімді параметрлермен жүргізген жағдайда мысты ерітіндіге өткізу дәрежесі 60 % құрайды.

3 Экономикалық бөлім

3.1 Зерттеу жұмысын жүргізуге жұмсалған шығындарды есептеу

Лаборатория жұмысында аммоний тиосульфаты және әртүрлі қондырғылар қолданылды.

9 Кесте – Негізгі жабдықтар шығыны

Қондырғылар аты	Қуаты, кВт.сағ	Жұмыс сағат саны	Вт/сағаттағы мөлшері	Шығыны, тг 1кВт = 28,32
Аналитикалық таразы	0,05	0,17	0,0085	0,241
Араластырғыш	1,60	29,3	46,88	1327,6
Кептіргіш пеш	2,4	60	144	8640
Барлығы				9967,841

1 кВт сағатқа тариф – 28,32 тг.

3.1.1 Электр энергиясының шығыны

10 Кесте – Электр энергиясының шығыны

Қондырғылар аты	Қуаты, кВт.сағ	Жұмыс сағат саны	Вт/сағаттағы мөлшері	Шығыны, тг 1кВт = 28,32
Аналитикалық таразы	0,05	0,17	0,0085	0,241
Араластырғыш	1,60	29,3	46,88	1327,6
Кептіргіш пеш	2,4	60	144	8640
Барлығы				9967,841

Аспаптардың электр энергиясына кеткен шығын 9967,841 тг.

3.1.2 Шикізат пен реактивтер шығыны

Эксперимент жасауға арналған шикізат пен реактивтер шығынын есептейік. Есептеу нәтижелері 11 - кестеде келтірілген.

11 Кесте – Шикізат пен реактивтер шығыны

Аты	Мөлшері, м ³ , кг	Шартты баға, тг/м ³ , тг/кг, тг/л	Шғындары, тг
(NH ₄) ₂ SO ₃ S	0,182	557,323	101,42
Барлығы			101,42

Лабораториялық зерттеу жұмыстарында мыс сульфидін шаймалау процесінде аммоний тиосульфаты қолданылды. Осы зерттеулер бойынша шикізат пен реактивтер шығыны 101,42 тг.

3.2 Жалпы шығындар саны

12 Кесте – Жалпы шығындар

Шығындар аты	Шығын саны, тг	Салмақ үлесі, %
Негізгі жабдықтар шығыны	9967,841	49,7
Шикізат пен реактивтер шығыны	101,42	0,5
Электр энергия шығыны	9967,841	49,7
Барлығы:	20037,102	100

Сонымен, зерттеуге кеткен жалпы шығын 20037,102 тг құрады.

4 Қауіпсіздік және еңбек қорғау бөлімі

Металлургия кәсіпорнының қауіпті өндірістік объект ретіндегі ғимараттары мен құрылыстары, техникалық құрылғылары арнайы нормативтік құжаттарда белгіленген талаптарға сәйкес келуі тиіс екендігі ешкімге құпия емес, мұны өнеркәсіптік қауіпсіздік сараптамасы растайды. Metallургиялық кәсіпорындағы апаттарды жоюға (оқшаулауға) бағытталған іс — шаралар жоспары — АЖЖ - міндетті сараптамалық бағалауға жатады.

Аталған сараптамаға түсті немесе қара металлургияның кез келген кәсіпорны болып табылатын қауіпті өндірістік объектіні жоспарлы техникалық қайта жарактандыруға, реконструкциялауға, кеңейтуге, салуға, тіпті консервациялауға немесе жоюға арналған жобалау құжаттамасы да жатады.

"Қауіпті өндірістік объектілердегі өнеркәсіптік қауіпсіздік туралы" Қазақстан Республикасының 2002.04.03 N 314 - II заңы қауіпті өндірістік объектілерді қауіпсіз пайдалануды қамтамасыз ету саласындағы құқықтық қатынастарды реттейді және қауіпті өндірістік объектілердегі авариялардың алдын алуға, ұйымдардың олардың салдарларын оқшаулауға дайындығын қамтамасыз етуге, авариялардың жеке және заңды тұлғаларға, қоршаған ортаға және мемлекетке келтірген залалдарын кепілдікпен өтеуге бағытталған.

Қазақстан Республикасының 2002 жылғы 3 сәуірдегі "Қауіпті өндірістік объектілердегі өнеркәсіптік қауіпсіздік туралы" және 2004 жылғы 9 қарашадағы "Техникалық реттеу туралы" Заңдарына сәйкес "Металлургия өндірістері процестерінің қауіпсіздігіне қойылатын талаптар" техникалық регламенті әзірленді.

Металлургиялық өндіріс процестері адамдардың денсаулығы мен өміріне зиян келтіру қаупін, қоршаған ортаның ластануымен байланысты қауіптерді қамтиды.

Қауіпті жағдайларды сәйкестендіруді және қызмет көрсетуші персонал үшін кез келген жасырын қауіпті қоса алғанда, қауіпті заттардың әсер етуінің болжамды тәуекелін бағалауды металлургиялық өндіріс процестерінде қолданылатын жабдықты дайындаушы жүргізеді.

Қауіпті заттар кез - келген физикалық күйде (газдар, сұйықтықтар, қатты заттар) болады және адамға әсер етуі мүмкін: ингаляция; асқазанға түсу; теріге және көздің, мұрынның, ауыздың шырышты қабаттарына тию; тері астына ену.

Өнеркәсіптік қауіпсіздік талаптарына сәйкес келетін технологиялар мен жабдықтарды қолдана отырып, осы заттың әсер етуінің ғылыми-техникалық әдістері мен шекті мәндерін және қоршаған орта жағдайларын ескере отырып, қауіпті заттың әсер ету қаупі іс жүзінде мүмкін болатын деңгейге дейін төмендетілуі тиіс.

Өте улы цианидтен айырмашылығы тиосульфатты шаймалау экологиялық тұрғыдан қарағанда қауіпсіз саналады. Сондықтан тиосульфатты шаймалау пайдаланған тиімді болып саналады. Тиосульфатты шаймалау – сілтілі процесс болғандықтан, жабдықтар коррозияға баяу ұшырайды.

ҚОРЫТЫНДЫ

Дипломдық жұмыстың мақсаты мыстың сульфидтік қосылыстарын тиосульфаттық ерітіндімен шаймалау процесін зерттеу, шаймалау процесіне әсер ететін әртүрлі параметрлердің тиімді параметрлерін анықтау болып табылды.

Зерттеу кезінде еріткіш ретінде аммоний тиосульфаты алынды. Шаймалау процесіне әсер ететін факторлар ретінде: температура, уақыт, Қ:С әсері қарастырылды. Осы зерттеулер арқылы ең тиімді шарттарын анықталынды. Олар температурасы 95 °С; уақыт 100 минут, Қ : С фазалары қатынасы 1:4 болып табылды. Ең тиімді параметрлермен жүргізген жағдайда мысты ерітіндіге өткізу дәрежесі 60 % құрайды.

Экономикалық жағдайын қарастыратын болсақ, бұл жұмыс кезінде қолданылған жабдықтармен реагенттердің жалпы шығыны 20037,102 тг құрады.

Қорытындылай келе, тиосульфатты шаймалау қоршаған ортаға қауіпсіз. Сілтілі процесс болғандықтан қондырғылар ұзақ уақытқа қолдануға болады, себебі коррозияға баяу ұшырайды.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Кыласов Ф.А. Разработка способов извлечения меди из древне египетских шлаков медных месторождений долины Тимна. – УДК 622.7: 622.343 Фатьянов А.В., Никифоров К.А. Интенсификация флотации медных руд. Новосибирск: Наука, 1993. 152 с.
- 2 Фатьянов А.В., Никитина Л.Г., Щеглова С.А. Новые технологии переработки медных руд Удоканского месторождения // Горный журнал. 2010. № 5. С. 54-56.
- 3 Scheglova S.A. Study of technological peculiarities of cryomineralogenesis zone copper ores floatation [Issledovanie tehnologicheskikh osobennostey flotatsii mednyh rud zony kriomineralogeneza]: diss. ... cand.techn. sciences. Chita, 2006. 160 p.
- 4 Fatyanov A.V., Scheglova S.A. Zabaikalie (Transbaikalie): Collected works.
- 5 Issue of 312 Mining newsletter (scientific and technical journal), no. 3. Moscow: Gornaya kniga, 2009, p. 255-261.
- 6 Холмогоров А.Г., Пашков Г.Л., Кононова О.Н. и др. - Химия в интересах устойчивого развития, 2001, №9, с. 293-298.
- 7 Жучков И.А., Бубеев П.П. Исследование механизма активации золота при его растворении в тиосульфатном среде. - Цветная металлургия, 1990, №2, с. 64-68.
- 8 Лодейщиков В.В. Возможности и перспективы промышленного использования нецианистых растворителей золота и серебра.// Золотодобыча, 2012. - №8(165). - С. 5-8.
- 9 Каковский И.А. Поташников Ю.М. Кинетика процессов растворения. — М.: Металлургия, 1975, 224 с.
- 10 Масленицкий И.Н. Металлургия благородных металлов / И.Н.
- 11 Масленицкий, Л.В.Чугаев, В.Ф. Борбат// М.: Металлургия, 1987. - 432 с.
- 12 Техника и технология извлечения золота из руд за рубежом. / Под ред. В.В. Лодейщикова - М.: Металлургия, - 1973. - 287 с.
- 13 Фридман И.Д. Влияние углеродистых веществ, содержащихся в рудах, на процесс цианирования И.Д.Фридман, Е.Е. Савари, Н.Н.Демина // Цв. Металлы. - 1979 - №9. - С. 104-106.
- 14 Zipperian D., Raghavan S., Wilson J. Gold and silver extraction by ammoniacal thiosulfate leaching. «Hydrometallurgy», 1988, 19 N3.
- 15 Kerley B.J. – Патент США, N4369061, 1983г.
- 16 Kerley B.J. – Патент США, N4269622, 1981г.
- 17 Leaching gold by low concentration thiosulfate solution / Cao Changlin, Hu Liehxe, Gong Qian / Trans. Non – ferrous. Metals Soc. China – 1992 – 2, N4.
- 18 Zhang Wenge, Li Yuling. «Юсе цзеньшу, Nonferros Metals», 1987, 39, N4. А. С. СССР N922166, 22.04.80; МКИ С 22 В 11/04.

19 Белявский М.А., Мейерович Л.С., Меретуков М.А. Перспективные способы гидрометаллургической переработки золото- и серебросодержащего сырья за рубежом. Обзорная информация. Выпуск 3. – М., 1985.

20 Разработка технологии переработки сульфидных углисто – мышьяковистых золотосодержащих концентратов месторождения «Бакырчик». Отчет. А.П. Яколев, Ч.К. Медеуов, Г.Н. Шиврин и др. АК «Казметалл», АО «Технопарк – Степногорск», 1996.

21 Жучков И.А., Бубеев П.П. Обогащение руд. – Иркутск : ИПИ, 1987 г – с. 102 – 108.

22 Дементьев В.Е., Дружинина Г.Я. Гудков С.С. Кучное выщелачивание. Иркутск: ОАО «Иргиредмет», 2004. -352 с.