

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРҒЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

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

Ө.А. Байқоңыров атындағы тау – кен металлургия институты

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

Сариев Олжас Кайратович

Тиосульфат негізіндегі ерітінділер көмегімен алтынды шаймалау процесін зерттеу

**ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС**

6В07203 – Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту

Алматы 2023

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРҒЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

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

Ө.А.Байқоңыров атындағы тау – кен металлургия институты

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

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

МПЖжАМТ кафедра меңгерушісі қауымд. проф.,

Ph.D., тех. ғыл. канд.,

*Чепуштанова Т.А.*

« 26 » 06 2023 ж.

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: "Тиосульфат негізіндегі ерітінділер көмегімен алтынды шаймалау процесін зерттеу"

6B07203 – Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту



Орындаған

Сариев Олжас Кайратович

Рецензент

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

ғылыми қызметкері Ph.D.

*С. Суримова* Суримова В.Н.  
« 28 » 06 2023 ж.

Ғылыми жетекші

PhD, қауымдастырылған профессор

*Ө. Байгенженов* Байгенженов Ө.С.

« 26 » 05 2023 ж.



Алматы 2023

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРҒЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

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

Ө.А.Байқоңыров атындағы тау – кен металлургия институты

«Металлургиялық процестер, жылутехникасы және арнайы материалдар  
технологиясы» кафедрасы

6B07203 – Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту



**БЕКІТЕМІН**

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

Чепуштанова Т.А.

«12» 2022 ж.

**Дипломдық жұмысты орындауға арналған  
ТАПСЫРМА**

Білім алушы Сариев Олжас Кайратович

Тақырыбы: Тиосульфат негізіндегі ерітінділер көмегімен алтынды шаймалау процесін зерттеу

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

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

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

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

а) тиосульфат негізіндегі ерітінділер көмегімен алтынды шаймалау процесін зерттеу;

б) алтын құрамды сульфидті кендерді аммоний тиосульфат ерітіндісімен шаймалауды;

в) алтынды аммоний тиосульфатымен шаймалау кезіндегі әсер ететін факторларды зерттеу;

г) экономикалық тиімділікті зерттеу есебі;

д) тіршілік қауіпсіздігі және еңбекті қорғау мәселелері;


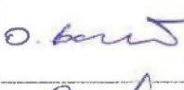

Графикалық материалдар тізімі (міндетті сызбаларды дәл корсеті отырып) жұмыс презентациясы слайдтарда 13 көрсетілген.

Ұсынылатын негізгі әдебиеттер: 36 атаулардан тұрады


Дипломдық жұмысты (жобаны) дайындау  
КЕСТЕСІ

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

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

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер, тегі, аты, әкесінің аты, (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Экономикалық бөлімі	Ө.С. Байгенженов PhD, қауымдастырылған профессор	26.04.23	
Еңбекті қорғау бөлімі	Ө.С. Байгенженов PhD, қауымдастырылған профессор	14.04.23	
Норма бақылаушы	С.С. Коныратбекова т.ғ.к., аға оқытушы	13.06.2023	

Ғылыми жетекші  Байгенженов Ө.С.

Білім алушы тапсырманы орындауға алды  Сариев О. К.

Күні 13 " желтоқсан 2022 ж.

## АҢДАТПА

Дипломдық жұмыс тиосульфат негізіндегі ерітінділер көмегімен алтынды шаймалау процесін зерттеуге бағытталған.

Дипломдық жұмыс компьютермен терілген. Дипломдық жұмыс: 37 бет, 13 сурет, 9 кесте және пайдаланылған әдебиеттер тізімінің тұрады.

Дипломдық жұмыстың мақсаты – сульфидті алтын құрамды концентратты аммоний тиосульфатымен шаймалаудағы әсер ететін әртүрлі факторлардың тиімді көрсеткіштерін анықтау.

Шаймалау уақыты, аммоний тиосульфатының концентрациясы, мыс сульфатының концентрациясы, қатты-сұйықтық қатынасы және реакция температурасы сияқты әртүрлі технологиялық параметрлердің әсері жүйелі түрде зерттелді.

Тиосульфатпен шаймалау туралы жалпы мәліметтерге, шаймалау кезіндегі шығынына, ыдырау әдістеріне, тиосульфатты шаймалаудың электрохимиялық-каталитикалық механизміне және ілеспе минералдардың процеске әсеріне, әдістің кемшіліктері мен артықшылықтарына әдеби шолу жасалды.

Жұмыста алтынды тиосульфатпен шаймалау кезіндегі процеске әсер ететін факторлардың барынша тиімді көрсеткіш шамаларын анықтау мақсатында тәжірибелік зерттеу жұмыстары жүргізілді.

Алтынды шаймалаудың оңтайлы тиімділігі (99 %) келесі шаймалау жағдайында алынды: 2 сағат ішінде 60 °С температурада, 0,2 Қ:С қатынасында, мыс сульфатының 0,05 М және 0,5 М аммоний тиосульфатың концентрациясында. Бұл алтынды тиосульфатпен шаймалау жүйелерінің экологиялық тазалығын түсінуге көмектеседі.

Дипломдық жұмыста экономикалық бөлім, қауіпсіздік және еңбек қорғау бөлімдері қарастырылған.

## АННОТАЦИЯ

Дипломная работа направлена на изучение процесса выщелачивания золота с помощью растворов на основе тиосульфата.

Дипломная работа набрана компьютером. Дипломная работа состоит из: 37 страниц, 13 рисунков, 9 таблиц и списка использованной литературы.

Целью дипломной работы является определение эффективных показателей различных влияющих факторов при выщелачивании сульфидного золотосодержащего концентрата тиосульфатом аммония.

Систематически изучалось влияние различных технологических параметров, таких как время выщелачивания, концентрация тиосульфата аммония, концентрация сульфата меди, соотношение твердости и жидкости и температура реакции.

Проведен литературный обзор общих данных о выщелачивании тиосульфатом, расходов при выщелачивании, методов разложения, электрохимико-каталитического механизма выщелачивания тиосульфата и влияния сопутствующих минералов на процесс, недостатков и преимуществ метода.

В работе проведены экспериментальные исследования с целью определения наиболее эффективных показательных величин факторов, влияющих на процесс при выщелачивании золота тиосульфатом.

Оптимальная эффективность выщелачивания золота (99 %) получена при следующих условиях выщелачивания: в течение 2 часов при температуре 60 °С, в соотношении 0,2 Т:Ж, в концентрациях 0,05 М сульфата меди и 0,5 М тиосульфата аммония. Это помогает понять экологичность систем выщелачивания золота тиосульфатом.

В дипломной работе предусмотрены отделы экономики, безопасности и охраны труда.

## ANNOTATION

The thesis is aimed at studying the process of gold leaching using thiosulfate-based solutions. The thesis is typed by computer. The thesis consists of: 37 pages, 13 figures, 9 tables and the list of references used.

The purpose of the thesis is to determine the effective performance of various influencing factors in the leaching of sulfide gold concentrate with ammonium thiosulfate.

The influence of various technological parameters such as leaching time, ammonium thiosulfate concentration, copper sulfate concentration, solid-liquid ratio and reaction temperature was systematically studied.

A literature review of general data on thiosulfate leaching, leaching rates, decomposition methods, electrochemical-catalytic mechanism of thiosulfate leaching and the influence of associated minerals on the process, disadvantages and advantages of the method were conducted.

Experimental studies to determine the most effective indicative values of the factors affecting the process in the leaching of gold with thiosulfate were conducted in the work.

The optimum efficiency of gold leaching (99 %) was obtained under the following leaching conditions: for 2 hours at 60 °C, at a ratio of 0.2 S:L, at concentrations of 0.05 M copper sulfate and 0.5 M ammonium thiosulfate. This helps to understand the environmental friendliness of gold leaching systems with thiosulfate.

The data obtained are reflected in the table.

In the thesis the departments of economics, safety and labor protection are provided.



## МАЗМҰНЫ

Кіріспе	9
1 Аналитикалық шолу	11
1.1 Тиосульфатпен шаймалау туралы жалпы мәлімет	11
1.2 Тиосульфатпен шаймалаудың электрохимиялық-каталитикалық механизмі	12
1.3 Тиосульфаттың ыдырау әдісі	14
1.4 Ілеспе минералдардың әсері	15
1.5 Тиосульфатты тұтынуды азайту шаралары	16
2 Тәжірибелік бөлім	18
2.1 Материалдар мен әдіс	18
2.2 Температураның алтынды шаймалау тиімділігіне әсері	19
2.3 Аммоний тиосульфатының концентрациясының алтынды шаймалау тиімділігіне әсері	20
2.4 Мыс сульфатының концентрациясының алтынды шаймалау тиімділігіне әсері	22
2.5 Алтынды шаймалау үшін аммоний тиосульфаты мен мыс сульфатының концентрациясы арасындағы корреляция	22
2.6 Алтынды шаймалау тиімділігіне рН әсері	24
2.7 Қ:С қатынасының алтынды шаймалау тиімділігіне әсері	24
3 Экономикалық бөлім	26
3.1 Зерттеу жұмысын жүргізу кезіндегі амортизациялық шығынды есептеу	26
3.3 Негізгі материалдар мен қосалқы материалдарға жұмсалатын шығынды есептеу	27
3.2.1 Эксперименттерді орындауға жұмсалға электрэнергиясының шығыны	27
3.2.2 Салқын суға кеткен шығынды есептеу	27
3.2.3 Жалпы шығын соммасын есептеу	28
4 Еңбекті қорғау	29
4.1 Қауіпті өндірістік факторларды талдау	29
4.2 Электр қауіпсіздігін қамтамасыз ету	30
4.3 Ауа алмасу	31
4.4 Қышқыл күйіктері үшін алғашқы көмек шаралары	31
4.5 Жасанды жарықтандыруды ұйымдастыру	32
4.6 Өртке қарсы іс-шаралар	32
Қорытынды	34
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	35



## КІРІСПЕ

1880 жылдары Джон Стюарт Макартур ұсынған сәттен бастап, цианизация қарапайымдылығы мен төмен құнына байланысты Алтынды шаймалаудың басым әдісіне айналды [1]. Алайда, осы артықшылықтарға қарамастан, цианид өте улы зат болып табылады және бүкіл әлемде цианидтің темір зауыттарынан ағып кетуіне байланысты бірнеше ауыр экологиялық оқиғалар болды [1]. Мысалы, Гайанада 1995 жылы Омай кенішіндегі қалдық бөгетінің құлауы орын алып, құрамында цианид бар шамамен 2,9 миллион текше метр қалдық және ағынды сулар Омай өзеніне түсіп, қатты ластануға әкелді [4]. Осындай ауқымды оқиға Румынияда 2000 жылы аурул қалдық қоймасының бөгеті бұзылып, 100 тоннаға дейін цианид Дунай өзеніне тиген кезде болды. Экологиялық мәселелерге байланысты көптеген аймақтарда алтынды шаймалау үшін цианидті қолдануға тыйым салынады. Сонымен қатар, цианизация процесі әдетте 24 сағаттық уақытты қажет етеді [3] және алтын кендерінің кейбір түрлерінен алтын алу үшін тиімсіз. Нәтижесінде, соңғы жылдары Алтынды шаймалаудың балама әдістеріне көбірек көңіл бөлінуде. Мұндай әдістердің ішінде хлоридтермен шаймалау, тиомочевина және тиосульфат ерекше назар аударады. Алайда, хлоридті шаймалаудың даму барысына жұмыс ортасының қауіптілігі, реакцияның жеткіліксіз селективтілігі және жабдықты коррозиядан қорғауға қойылатын жоғары талаптар айтарлықтай кедергі келтіреді. Тиомочевинаны шаймалау процесінде қолданудың болашағы тартымды емес, өйткені ол берілген заттың жоғары тұтынылуы мен құнын, сондай-ақ болжамды канцерогендік әсерді қамтиды [2]. Екінші жағынан, тиосульфатты қолдана отырып, алтынды шаймалау қоршаған ортаға әсері төмен, реакцияның жоғары селективтілігі, ерітіндінің әлсіз коррозиялық белсенділігі және арзан реагенттердің болуы және т. б. арқасында ең перспективалы балама әдіс ретінде кеңінен қарастырылады. [5].

*Алтын өндірісінде цианидті алмастыратын әзірлемелер.* Цианидтің орнына балама еріткіштерді әзірлеудегі негізгі мәселелердің бірі олардың нақты металлургиялық процестер мен кен сипаттамаларына сәйкестігін қамтамасыз ету болып табылады. Бұл балама құралдар келесі сипаттамаларға [5] ие болуы керек: селективтілік, уыттылықтың болмауы, кейінгі қалпына келтіру процестерімен үйлесімділік, төмен шығындар және қайта өңдеу мүмкіндігі.

2-кестеде алтын шайғыштарды таңдау кезінде ескеру қажет қосымша критерийлер берілген [6].

Жүз жылдан астам уақыт бойы натрий цианиді алтынды шаймалаудың негізгі реагенті болды, өйткені оның жоғары өнімділігі және салыстырмалы түрде төмен құны бойынша кендердің кең ауқымын тиімді шаймалау қабілеті [7]. Сонымен қатар, цианид жоғары дозада жұтылған кезде улы болса да, төмен концентрацияда болған кезде денсаулыққа немесе қоршаған ортаға созылмалы қауіп төндірмейді [3]. Цианид табиғатта кең таралған және көптеген микроорганизмдер мен 2500-ден астам өсімдік түрлері олардың қалыпты метаболизмі шеңберінде өндіреді [7]. Алтынды ұнтақтау және үйінді шаймалау

кезінде қолданылатын цианидтің төмен концентрациясы тез ыдырайды. Цианид кейбір басқа Табиғи токсиндер сияқты қауіпті емес (мысалы, сіреспе, стрихнин -  $C_{21}H_{22}N_2O_2$ ), өйткені ол табиғи физикалық, химиялық және биологиялық процестермен аз уытты немесе улы емес түрлерге оңай айналады.

Кесте 1.1 – Алтын еріткіштерге қатысты ескеру қажет критерилер

Критерилер бөлімдері	Критери түрлері
Экономикалық көрсеткіштер	Капиталды шығындар
	Өндіруге кететін шығын
	Қол жетімділік
	Қайта өңдеуге кететін шығын
Улылық	Шығарындылар
	Қолдану қарапайымдылығы
	Экологияға әсері
Процестің қолдану мүмкіндігі	Шектеулер (кен түрі, селективтілік, бақылау, бөлу және т.с.)
	Екінші реттік қайта өңдеу мүмкіндігі
	Детоксикациялануы
	Үлкен көлемде қолжетімділік

Сондықтан, алтынды өңдеуге арналған балама цианид алмастырғыштарды әзірлеудегі негізгі міндет-сілтілеу үшін тиімді, бірақ тұрақты токсин түрінде қоршаған ортаға қауіп төндірмейтін реагент құру. Алтынның цианизация жылдамдығы салыстырмалы түрде төмен болғандықтан, өнеркәсіп металды алудың жоғары жылдамдығын қамтамасыз ете алатын жылдам сілтілеу реакцияларын іздейді. Негізінен экономикалық факторларға байланысты ықтимал баламаларды әзірлеу бойынша жүргізілген зерттеулерге қарамастан, тиімді нұсқалардың тізімі шектеулі. Олардың көпшілігі тек өңдеу қиын кендерге қолданылады және цианидті шаймалауды алмастыра алмайды [7]. Кейінгі талқылауда ең перспективалы баламалар қарастырылады.

## 1 Аналитикалық шолу

### 1.1 Тиосульфатпен шаймалау туралы жалпы мәлімет

Тиосульфат ( $S_2O_3^{2-}$ ) - фотография мен фармацевтика өнеркәсібінде кеңінен қолданылатын химиялық қосылыс алтынды шаймалау кезінде цианидті алмастыру ретінде ұсынылды. Кузугуденли [8] атап өткендей, алтын тиосульфаттың сілтілі ерітіндісінде баяу ериді. Еру жылдамдығы тиосульфат концентрациясына, еріген оттегіге және процестің температурасына байланысты және мыс иондарын қосу арқылы көбейтілуі мүмкін [9]. Алтын келесі реакцияға сәйкес тиосульфаты бар тұрақты анион кешенін құрайды:



Алтын тиосульфат кешені түзілгеннен кейін тұрақты болғанымен, тиосульфаттың қышқылмен ыдырауын болдырмау үшін сілтілік жағдайлар қажет [10]. Эйлмор [11] атап өткендей, тиосульфатты қолданатын шаймалау процесі мыспен катализденеді және баяу жылдамдығына қарамастан дәстүрлі цианизация процесіне қарағанда бірқатар артықшылықтарға ие. Тиосульфатты қолдана отырып, алтынды шаймалаудың қолайлы жылдамдығына мыспен бірге аммиактың қатысуымен қол жеткізіледі [9].

Соңғы жылдары тиосульфат цианидтің әлеуетті алмастырушысы ретінде байыпты түрде қарастырылды, өйткені ол әдетте қоршаған ортаға аз әсер етеді: тиосульфаттың сілтіленуі бөгде катиондарға аз әсер етеді және ластануға қатысты алаңдаушылық туғызбайды [12].

Тиосульфатты алтынды өңдеуде шаймалаушы реагент ретінде пайдалану алғаш рет 1900 жылдардың басында ұсынылды. Элмор мен Муир [13] түсіндіргендей, «Von Patera Process» деп аталатын процесте алтын мен күміс кендері алдымен хлорланған күйдірілген, содан кейін тиосульфатпен шайылған. Екінші дүниежүзілік соғысқа дейін Оңтүстік Америкадағы күміске бай сульфидті кендер мен Мексиканың ЛеКолорадо кенішінің кендері хлорланғаннан кейін тиосульфатпен коммерциялық шаймалауға ұшырады [14]. 1980 жылдары процедура, ең алдымен, мыс иондарын қосу және тиосульфатты  $SO_2$  немесе бисульфитпен тұрақтандыру арқылы жетілдірілді [12].

Содан бері бірнеше жетілдірілген эксперименттік зерттеулер жүргізілді [15], [16]. Бұл зерттеулердің көп бөлігі құрамында мыс, көміртегі компоненттері немесе құрамында қорғасын, мырыш немесе марганец көп кендер бар күрделі кендерде жүргізілді. Мысалы, зерттеушілер Йен және оның әріптестері [17] құрамында пирит пен халькопирит бар орташа жоғары балку температурасы бар алтын кенін үйінділерді шаймалаудың балама технологиясы ретінде тиосульфатты қолдану мүмкіндігін зерттеу үшін пайдаланды. Олар 50 күн ішінде шамамен 72 % алтын өндірілгенін атап өтті. АҚШ тау-кен басқармасы тиосульфатты шаймалау мүмкіндігін зерттеу үшін статистикалық

эксперименттік әдістерді қолданды. Төмен сұрыпты көміртекті кендерді шаймалау кезінде 62 %-ға дейін алтын алуға қол жеткізілді [18].

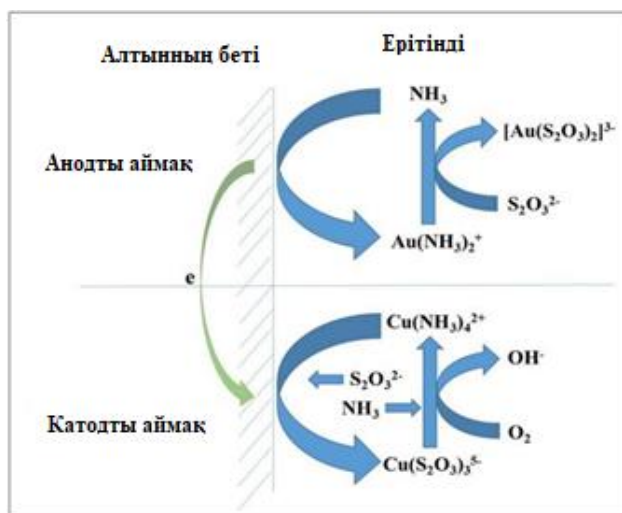
Соңғы зерттеулер тиосульфатты қолдану арқылы алтынды қалпына келтіруді жақсарту үшін алдын ала өңдеу стратегияларын әзірлеуге бағытталған. Балаз және оның әріптестері [19] Словакиядағы Банска-Ходруса мыс-қорғасын-мырыш кен орнының күрделі кенінен механикалық белсендірілген флотациялық концентратты зерттеді. Концентраттың механикалық активтенуіне ультра жұқа ұнтақтау арқылы қол жеткізілді және нәтижелер мыс иондарының қатысуымен аммоний тиосульфатын қолданған кезде алтынның қалпына келу жылдамдығына оң әсер етті. Авторлар бірнеше минут ішінде 90 % алтын өндіруге қол жеткізілгенін, ал эквивалентті жағдайларда өңделмеген концентратты пайдаланған кезде 54 % қалпына келтіруге қол жеткізілгенін атап өтті. Ш. Р. Самихов және оның әріптестері [20] аммоний тиосульфатымен шаймалау арқылы 99,92 % тазалықпен губка тәрізді алтын өндірісі туралы хабарлады. Олар мыс сульфатын қосу алтынның шаймалау жылдамдығын арттырып қана қоймай, тиосульфатты тұтынуды арттыратынын анықтады. Панайотов [21] ұқсас нәтижелерді сипаттайды, концентраттың алдын-ала тотығуы тиосульфатты қолданған кезде 91% алтын алуға мүмкіндік беретінін атап өтті. Ньюмонт компаниясы (Newmont and Consolidated Empire Gold Inc.) тиосульфатты коммерциялық тәжірибеде алтын кенін үймелі шаймалау кезінде сәтті қолданды.

Тиосульфатты қолдану арқылы шаймалаудың негізгі проблемаларының бірі реагенттің жоғары шығыны болып табылады [19]. Сонымен қатар, процесс әдетте баяу жүреді, дегенмен аммиак пен мыс (II) иондарының қатысуымен қолайлы шаймалау жылдамдығына қол жеткізуге болады [18]. Дегенмен, реагенттердің жоғары ағыны тиосульфат негізіндегі жүйелердің көпшілігін олардың әлеуетті экологиялық артықшылықтарына қарамастан тиімсіз етеді. Қазіргі уақытта тиосульфатты шаймалау арқылы алынған ерітінділерден алтынды алудың қарапайым және қол жетімді әдісі жоқ.

## **1.2 Тиосульфатпен шаймалаудың электрохимиялық-каталитикалық механизмі**

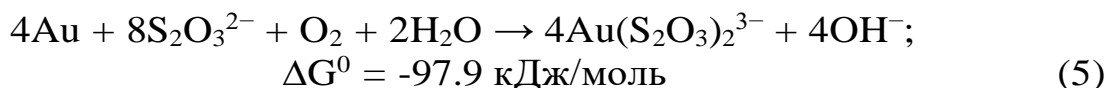
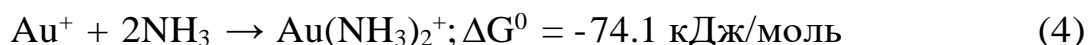
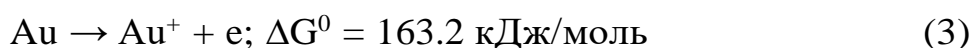
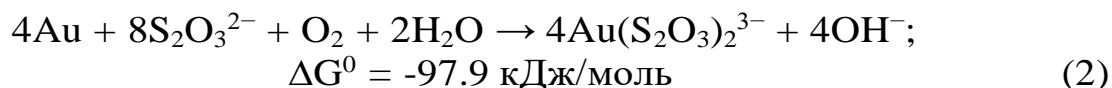
Таза алтынның жалпы тиосульфатты сілтісіздендіру реакциясын (1) теңдеу көрсетеді және (1)-(13) теңдеулері үшін стандартты Гиббс бос энергиялары әдебиеттердегі термодинамикалық мәліметтерді пайдалана отырып есептелді [22]. Бұл реакцияға анодта алтын тотығатын, ал катодта оттегі тотықсызданатын электрохимиялық процесс жүреді.  $\text{Cu(II)}$  және аммиаксыз реакция өте баяу жүреді, бірақ олардың катализаторларымен алтынды сілтілеу жылдамдығы 18–20 есе артады. 1.1-суретте алтын фольганың тиосульфатты шаймалауының электрохимиялық-каталитикалық механизмі көрсетілген. Анод орындарында  $\text{NH}_3$  алтын бетіне ауысады және  $[\text{Au}(\text{NH}_3)_2]^+$  түзе отырып,  $\text{Au}^+$ -мен комплекс түзеді. Содан кейін  $\text{NH}_3$   $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ -ке ығыстырылады, бұл неғұрлым тұрақты

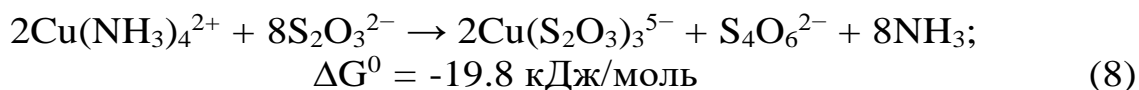
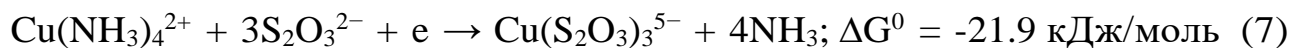
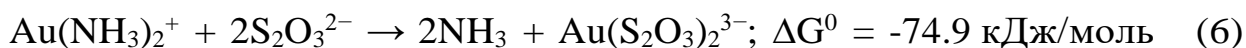
$[\text{Au}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]^{3-}$  комплексінің түзілуіне әкеледі. Осылайша,  $\text{NH}_3$  сілтілі ортада  $\text{Cu}^{2+}$  тұрақтандырып,  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$  түзіп қана қоймайды, сонымен қатар  $\text{Au}^+$  мен  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$  арасындағы күрделі реакцияны катализдейді. Бұл анодтық реакциялар (2)-(4) теңдеулерімен берілген. Катодты аймақтарда  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$   $[\text{Cu}(\text{S}_2\text{O}_3)_3]^{5-}$  дейін тотықсызданады, ал жаңадан түзілген  $[\text{Cu}(\text{S}_2\text{O}_3)_3]^{5-}$  қайтадан  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$  дейін тез тотығады. Осылайша,  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$  оттегі тотықсыздану реакциясының катализаторы қызметін атқарады. Бұл катодтық реакциялар (5) және (6) теңдеулерімен сипатталады.



1.1 - сурет – Тиосульфатты шаймалаудың электрохимиялық-каталитикалық механизмінің схемалық картасы

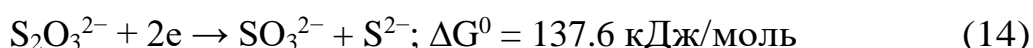
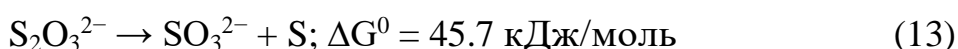
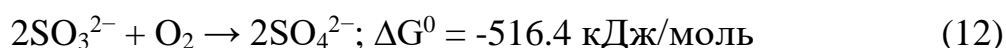
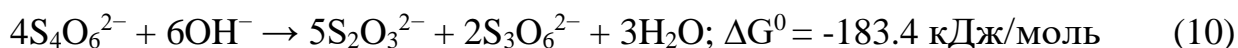
$[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$  катализатор ретінде алтынның еруін айтарлықтай жоғарылататынын айта кеткен жөн. Бірақ ол сонымен қатар салыстырмалы күшті тотықтырғыш қасиетіне байланысты тиосульфаттың ыдырауын тездетеді [23]. (7) теңдеу бойынша  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$   $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$  көмегімен  $\text{S}_4\text{O}_6^{2-}$ -ге оңай тотықтырылуы мүмкін, ал өзі  $[\text{Cu}(\text{S}_2\text{O}_3)_3]^{5-}$ -ке дейін тотықсызданады. Бұрын айтылғандай,  $[\text{Cu}(\text{S}_2\text{O}_3)_3]^{5-}$  оттегінің әсерінен  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$  дейін тез қайта тотығады. Сондықтан  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$  тек оттегінің тотықсыздануында ғана емес, сонымен қатар тиосульфаттың тотығуында да катализатор қызметін атқарады.

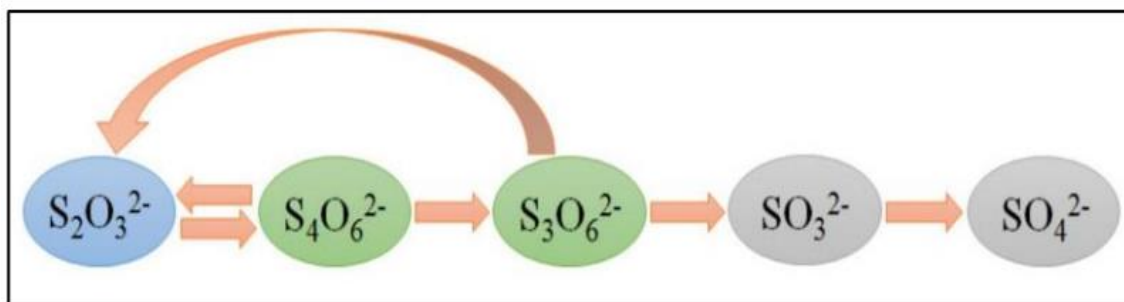




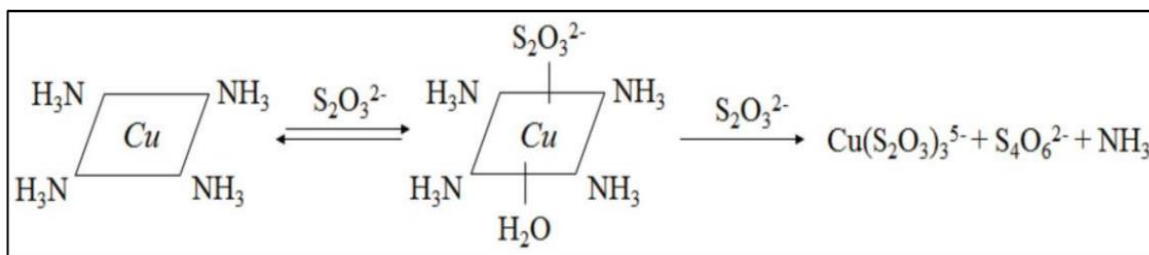
### 1.3 Тиосульфаттың ыдырау әдісі

Тиосульфат аммиак тиосульфатының ерітіндісінде метатұрақты болып келеді және оның тотығуына байланысты  $\text{S}_4\text{O}_6^{2-}$ ,  $\text{S}_3\text{O}_6^{2-}$  және  $\text{SO}_3^{2-}$  сияқты кейбір аралық өнімдерге ыдырауға бейім, ал соңғы тотығу өнімі  $\text{SO}_4^{2-}$ . Жеңілдетілген ыдырау жолы  $\text{S}_2\text{O}_3$  1.2-суретте көрсетілген және сәйкес реакциялар (8) - (11) теңдеулер ретінде берілген. (8) теңдеуі іс жүзінде (6) және (7) теңдеулерінің толық химиялық реакциясы болып табылады. Әдеби деректерге сәйкес [24],  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$   $\text{Cu}(\text{II})$  көмегімен  $\text{S}_4\text{O}_6^{2-}$  ге дейін тотығады,  $\text{Cu}(\text{NH}_3)_4\text{S}_2\text{O}_3$  аралас лиганд кешенін түзеді және тотығу процесі 1.3-суретте көрсетілген.  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$   $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$  сферасының координациясын осьтік координация орталығында орталық мыс ионымен комплекс түзілу арқылы өзгерте алады, содан кейін  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$   $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$  ден электронды оңай алады және  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$  тотыққан кезде тотықсызданады. Тиосульфат сонымен қатар (12) және (13) теңдеулерімен көрсетілгендей өздігінен ыдырай алады немесе  $\text{S}^0$ ,  $\text{S}^{2-}$  және  $\text{SO}_3^{2-}$  дейін тотықсыздануы мүмкін. Осы реакциялардың нәтижесінде түзілетін элементтік күкірт пен сульфид алтынның бетіне шөгіп, оның еруін пассивтендіреді. Сонымен қатар, тиосульфаттың ыдырауы кезінде түзілетін политионаттар ион алмастырғыш шайырлардан алтын тиосульфатын  $[\text{Au}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]^{3-}$  қайтарып алуы мүмкін және осылайша шайырдың адсорбциясы арқылы алтынның алынуын болдырмайды. Осылайша, тиосульфаттың ыдырауы реагенттерді тұтынуға әкеліп қана қоймайды, сонымен қатар алтынның шайылуы мен қалпына келуіне жол бермейді.





1.2 - сурет – Тиосульфаттың ыдырауының қарапайым әдісі



1.3 - сурет – Cu(II) тиосульфаттың  $\text{Cu}(\text{NH}_3)_4\text{S}_2\text{O}_3$  түзілуімен тотығуы

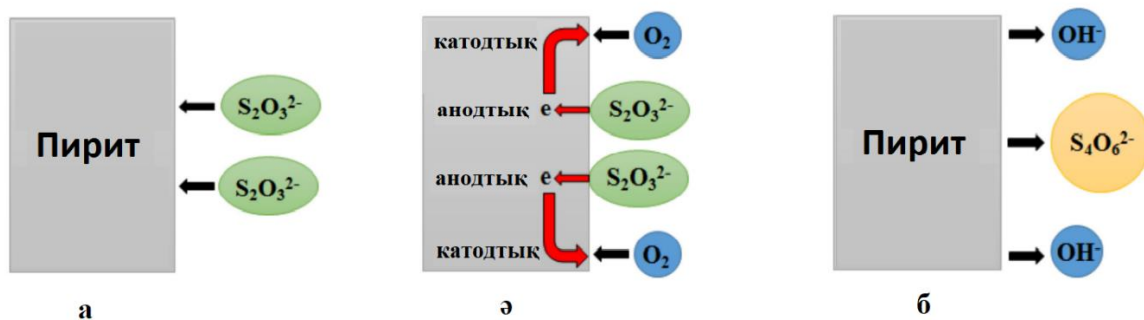
#### 1.4 Ілеспе минералдардың әсері

Пирит және гематит сияқты байланысты минералдар тиосульфаттың ыдырауын катализдей алатыны көрсетілген [25]. Төрт қарапайым сульфидті 89 минералды салыстыру арқылы Фен және Ван Девентер [26] пириттің тиосульфаттың ыдырауына каталитикалық әсері арсенопирит, пирротин және халькопиритке қарағанда күшті деген қорытындыға келді. Авторлар Су және Шоунен [27] пириттің әсерін оның аймақтық құрылымымен түсіндіреді. 4-суретте көрсетілгендей, пиритпен катализацияланатын тиосульфаттың тотығуын бірнеше кезеңге бөлетін болсақ:

- тиосульфат  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ -ге күшті жақындығына байланысты пирит бетімен жұтылады,
- адсорбциядан кейін электрондар тиосульфаттан бетке жылжиды,
- содан кейін минералдардың аймақтық өткізгіштігі арқылы анодтық аймақтан катодтық аймаққа ауысады.
- соңында, оттегі минерал бетінің катодтық аймағынан электрондарды оңай алады.

$\text{Cu}(\text{II})$  - аммин кешенінің қатысуымен ол негізінен электронды алады, өйткені оның ерітіндідегі диффузиялық қабілеті оттегіге қарағанда жоғары. Бұл суреттен пириттің электрондарды тасымалдау үшін «көпірмен» қамтамасыз ету арқылы тиосульфаттың тотығуын катализациялайтынын түсіну оңай.





(а) тиосульфаттың адсорбциясы; (ә) электрондардың тасымалдануы; (б) реакция өнімдерінің түзілуі.

#### 1.4 - сурет – Пиритпен катализацияланған тиосульфаттың сатылы тотығуы

Сонымен қатар, Чен [27] пирит, пирротит, халькопирит, арсенопирит, халькоцит, борнит және галенаның болуы тиосульфаттың ыдырауына да, алтынның шаймалануына да айтарлықтай зиянды әсер ететінін анықтады.

Авторлар Чу және басқалар. [28] зерттелген барлық сульфидті минералдар тиосульфат ағынын әртүрлі дәрежеде жылдамдатып, алтынның еруіне жол бермейтінін анықтады. Сульфидті минералдардың қатысуымен тиосульфатты тұтыну жылдамдығы кему ретімен жүрді: пирит > арсенопирит > халькопирит > галенит > сфалерит. Ал алтынның еру жылдамдығы келесі ретпен жүреді: сфалерит > арсенопирит > пирит > галенит > халькопирит. Сульфидті минералдардың осы екі зиянды әсерінің басым себептері шекаралық орбиталық энергияны және рентгендік фотоэлектронды талдау арқылы бөлек шығарылды.

Сульфидті минералдардың осы екі зиянды әсерінің басым себептері шекаралық орбиталық энергия талдауы және тиосульфатты ыдырату және алтын бетін пассивациялау үшін осы минералдарды катализдейтін рентгендік фотоэлектрондық спектроскопия (РФС) көмегімен бөлек шығарылды. Жоғарыда айтылғандардан белгілі бір ілеспе минералдар тиосульфаттың тотығуын катализдей алады және осылайша оның тұтынылуын тездетеді деген қорытынды жасауға болады. Сондай-ақ, минералдар алтынның бетінде тиосульфаттың ыдырауы нәтижесінде пайда болатын пассивтендіруші заттардың жиналуына байланысты алтынның шаймалануын болдырмайды.

#### 1.5 Тиосульфатты тұтынуды азайту шаралары

Тиосульфатты тұтынуды бақылау және алтынның еруін жеделдету үшін қолайлы реакция жағдайлары маңызды. Алтынның еруін  $\text{Cu(II)}$  жоғары концентрациясы айқын күшейтсе де, оның  $\text{Cu(II)}$  арқылы тотығуы нәтижесінде тиосульфаттың шығыны да айтарлықтай артады. [29] аммиактың жоғары концентрациясы тиосульфаттың ыдырауын азайтады, сонымен қатар алтынның

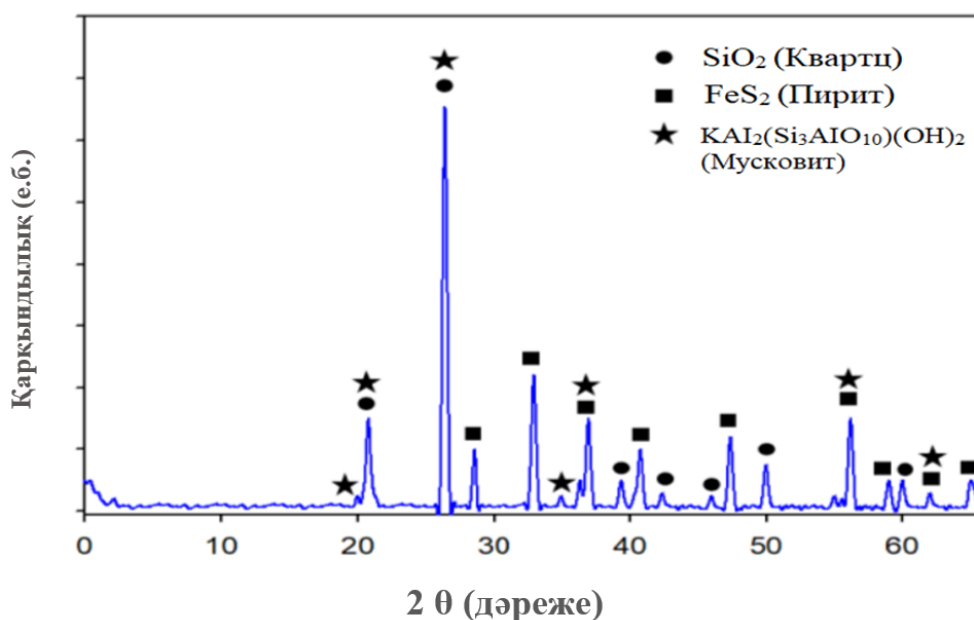
еруін болдырмайды, өйткені ол Cu(II)-ны тұрақтандырып, оның тотығу қабілетін төмендетеді. Концентрленген тиосульфат ерітінділері, шамадан тыс еріген оттегі және жоғары температура тиосульфаттың жоғары шығынын тудырады, бірақ сұйылтылған тиосульфат ерітінділері, оттегінің төмен концентрациясы (мысалы, анаэробты жағдайлар) және төмен температура алтынның еруін өте баяу етеді. Сонымен қатар, реагенттердің концентрациясы мен ерітіндінің рН мәні де тиісті диапазонда сақталуы керек. Моллеман мен Драйзер [30] мыс тиосульфаты мен аммоний кешенін бір мезгілде тұрақтандыру үшін рН 9-10 диапазоны қолайлы екенін ұсынды. Сонымен қатар, Cu(II) мен Cu(I) концентрациясының қатынасы тиосульфатты тұтыну үшін де, алтынды еріту үшін де маңызды фактор болып табылады, өйткені бұл қатынас сілтісіздендіру ерітіндісінің тотығу потенциалын анықтайды. Оттегі Cu(I)-ны Cu(II) тотықтыру арқылы қатынасты өзгертуде маңызды рөл атқарады. Сонымен қатар, Cu(II) регенерациясын қамтамасыз ету үшін тиосульфат пен аммиак концентрацияларының арақатынасы 0,5–1,0 диапазонында сақталуы керек, өйткені  $S_2O_3^{2-}$  және  $NH_3$  жекелей басым Cu(I) және Cu(II) лигандтары болып табылады. аммиак тиосульфат ерітіндісінде. Жоғарыда аталған реакция жағдайларының көпшілігі шаймалау кезінде үнемі өзгеріп отырады, сондықтан олардың әрқайсысын дәл бақылау өте қиын. Дегенмен, оттегі шектеулі реагенттердің салыстырмалы төмен концентрациясын пайдалану тиосульфатты тұтынуды азайтудың салыстырмалы түрде қарапайым әдісі болып табылады.

Фенг және т. б. [25] қысыммен тотыққан сульфидті алтынның концентрациясы арқылы алтынның жеткілікті еруіне және тиосульфаттың аз тұтынылуына аммиактың (0.2 М), тиосульфаттың (0.2 М) және Cu(II) (1.6 мМ) төмен концентрациясымен үздіксіз аэрацияда (0.2 л/мин ауа) қол жеткізуге болатындығын көрсетті. Әдеби деректер бойынша [31], Cu(II)/Cu(I) тотықсыздандырғыш тепе-теңдік потенциалымен анықталатын аралас суспензияның потенциалы тиосульфатты шаймалау үшін негізгі фактор болып табылады және алтынды шаймалау үшін жоғары коэффициенттің де, тиосульфаттың қолайлы ағынының да қолайлы аралас потенциал диапазоны бар. Жоғарыдағы талдауға сәйкес, тиосульфат, аммиак және еріген оттегінің концентрациясы Cu(II)/Cu(I) қатынасына қатты әсер етуі мүмкін және осылайша аралас потенциалды өзгерте алады. Кейбір ілеспе минералдар да потенциалға айқын әсер етеді, өйткені олар тотығып, аммиак тиосульфатының ерітіндісінде Cu(II) көп мөлшерде тұтынады, сонымен қатар минералды бөлшектердің фазааралық потенциалы да нақты суспензияның аралас потенциалының маңызды ингредиенті болып табылады. Кендердің әр түрі үшін аралас пульпа потенциалы сәйкес диапазонда, негізінен тиосульфат, мыс, аммиак және еріген оттегінің концентрациясын өзгерту арқылы реттелуі керек. Осылайша, аралас пульпаның потенциалын реттеу тиосульфаттың шаймалануын жақсартудың тиімді құралы болуы мүмкін.

## 2 Тәжірибелік бөлім

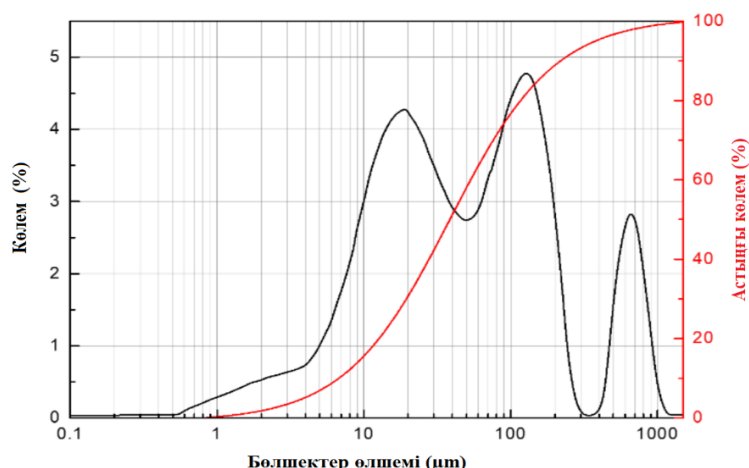
### 2.1 Материалдар мен әдіс

Алтын кенінің үлгісі эпитемиялық алтын минералданған аймақта орналасқан кеніштен алынды. Кен ұсақтау, шарлы диірменде ұнтақтау, гидроциклон және флотация әдістерімен концентрацияланды. Содан кейін сынамалар химиялық талдау және өлшемдердің таралуын анықтау үшін алынды. XRD (рентгендік дифракция) әдісімен сандық талдау 1-суретте көрсетілгендей концентрацияланған сульфидті кеннің минералогиясын анықтау үшін PDXL (рентгендік ұнтақ дифракциясының бағдарламалық құралы) көмегімен SRM (стандартты анықтамалық материал) бар XRD бағалау арқылы жүргізілді. Бұл руда құрамында 40,5 % кварц, 40,1 % пирит, 19,3 % мусковит бар екенін көрсетті.



2.1 - сурет – Концентрацияланған сульфидті алтын кенінің рентгенді дифракциялық үлгісі

Гранулометриялық талдаудың көмегімен анықталған алтын концентраттарының гранулометриялық құрамы 2-суретте көрсетілген. Гранулометриялық талдау флотациядан кейінгі концентрлі алтын кенінің D50 мәні 45,3 мкм болғанын көрсетті. 2.1-кестеде кеннің химиялық талдау нәтижелері көрсетілген. Алтынның мөлшері сәйкесінше 84 г оттық талдау арқылы анықталды, ал қалған элементтер қышқылдық ыдырау, содан кейін атомдық абсорбциялық спектроскопия арқылы анықталды. Көміртек/күкірт өлшегіш көмегімен анықталған күкірт мөлшері 21,1 % салмақты құрады.



2.2 - сурет – Концентрацияланған сульфидті алтын кенінің гранулометриялық құрамы

Кесте 2.1 – Концентрацияланған сульфидті кенді химиялық талдау ( г/т)

Элемент	Au	Al	Fe	Mg	Na	Pb	Cu	Zn	Ti	Si	S
Құрамы	84.0	2.42	18.9	0.0820	0.160	0.270	0380	0440	0.170	23.2	21.1

Шаймалау тәжірибесі үшін реагенттер ретінде аммоний тиосульфаты ((NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), мыс (II) сульфаты (CuSO<sub>4</sub>) және натрий гидроксиді (NaOH) пайдаланылды. Шаймалау ерітінділерінің рН-ын өлшеу үшін рН-метр пайдаланылды.

Алынған сульфидті кен пеште 80 °С температурада кептірілді. Тиосульфатты шаймалау сынақтарын жүргізу үшін аммоний тиосульфаты (0,05-0,5 М) мен мыс сульфаты (0,05-0,25 М) тазартылған суда ерітілді. Тәжірибелер қыздыру функциясы бар магнитті араластырғышқа қойылған салынған 150 мл шыны колбада жүргізілді. Колбадағы температура берілгенге жеткенде, оған 30-75 г кен қосылды (Қ:С қатынастары 0,2, 0,33 және 0,5). Ерітіндіні араластыру үшін 300 айн/мин айналу жылдамдықта магнитті араластырғыш қолданылды. Ерітінді сынамалары әр түрлі уақыт аралығында (1-4 сағат) алынды. Тиісті сұйылтудан кейін алтынның құрамы шаймалау тиімділігін бағалау үшін қалдықтарды пробирлік әдіспен анықталды.

## 2.2 Температураның алтынды шаймалау тиімділігіне әсері

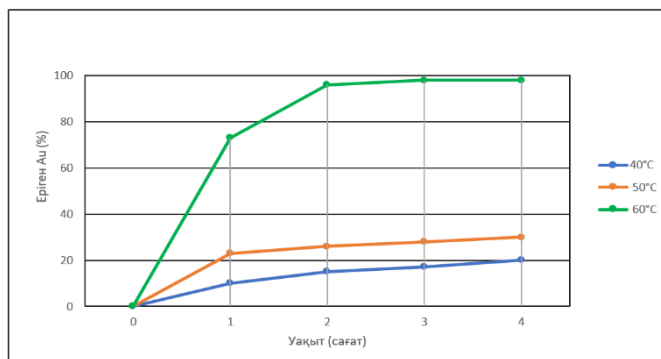
Шаймалау әрекетін зерттеу үшін 1 сағат ішінде 40 °С-ден 60 °С-ге дейінгі температураның өзгеруі, 0,5 М аммоний тиосульфаты мен 0,05 М мыс сульфаты көмегімен Қ:С қатынасы 0,2, рН 9,5 болды.

Температура мен уақыттың аммоний тиосульфатының ерітінділерімен алтынды шаймалауға әсері 2.2-кесте мен 2.3-суретте көрсетілген. Суретте

көрсетілгендей, шаймалау тиімділігі 40 °С -ден 60 °С-ге дейінгі температураның жоғарылауымен артады және 99 % шаймалау тиімділігі 2 сағаттан кейін 60 °С-де қол жеткізіледі. Осы зерттеудің нәтижелері шаймалау жағдайында 60 °С-де 4 сағат ішінде алтын іс жүзінде еріген. Біздің нәтижелерімізден айырмашылығы, Аббрузис және басқалары температураның 25 °С-ден 60 °С-ге дейін жоғарылауымен қалпына келтіру төмендейтінін анықтады [32]. Олар сондай-ақ мыс сульфидінің пленкасының түзілу кинетикасы 60 °С кезінде өте жоғары, бұл алтынның еруіне жол бермейді [32]. Алайда, бұл зерттеуде температураның барлық диапазонында (40 °С-тан 60 °С-ге дейін) алтынның қалпына келуінің төмендеуі байқалмады. Алынған нәтижелерге сүйене отырып, шаймалау экспериментінің температурасы 60 °С болып таңдалды.

Кесте 2.2 – Алтынның еру дәрежесінің температура мен уақытқа тәуелділігі (Тәжірибе шарттары: 0,5 М аммоний тиосульфаты, 0,05 М мыс сульфаты, Қ:С қатынасы 0,2, рН-9,5)

Температура, °С	Шаймалау процесінің ұзақтығы, сағ				
	0	1	2	3	4
	Алтынның еруі, %				
40 °С	0	10	15	17	20
50 °С	0	23	26	28	31
60 °С	0	73	96	98	99



2.3 - сурет – Температура мен уақыттың алтынды шаймалау тиімділігіне әсері (Тәжірибе шарттары: 0,5 М аммоний тиосульфаты, 0,05 М мыс сульфаты, Қ:С қатынасы 0,2, рН-9,5)

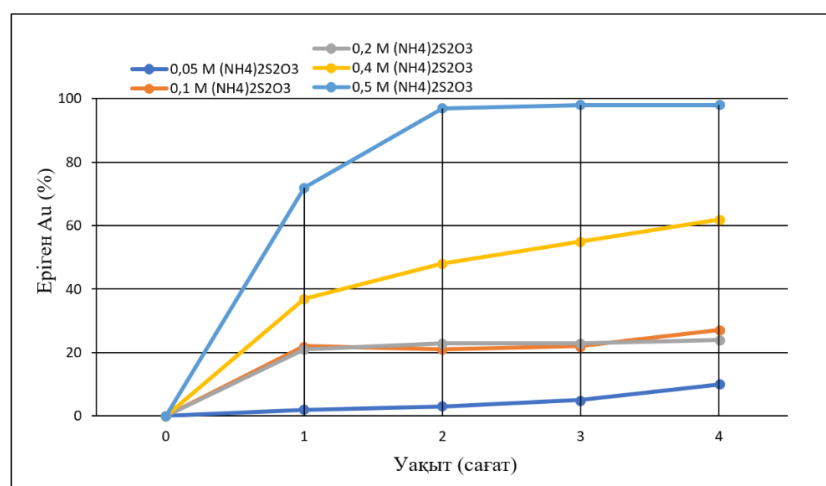
### 2.3 Аммоний тиосульфатының концентрациясының алтынды шаймалау тиімділігіне әсері

2.4-суретте аммоний тиосульфаты концентрациясының (0,05-0,5 М диапазонында) 60 °С температурада, 0,2 Қ:С қатынасында және 0,05 М мыс сульфаты концентрациясында уақытқа (1-ден 4 сағатқа дейін) байланысты шаймалау тиімділігіне әсері көрсетілген. Аммоний тиосульфатының

концентрациясы мен химиялық реакция уақытының жоғарылауымен алтынды шаймалау тиімділігі де артады. 2.3 - кесте мен 2.4-суретте көрсетілгендей, аммоний тиосульфатының 0,05 М концентрациясында сілтілеу 3 сағатқа дейін жүрген жоқ. Керісі нше, аммоний тиосульфатының концентрациясы 0,4 М-ден 0,5 М-ге дейін көтерілгендіктен, алтын біртіндеп өсу ретімен еріді, атап айтқанда, 0,5 М аммоний тиосульфатында 2 сағат ішінде 99 % шаймалау тиімділігі байқалды. Шаймалау тиімділігі аммоний тиосульфаты концентрациясының жоғарылауымен артады және бұл жүйеде алтынды шаймалау үшін кем дегенде 0,4 М немесе одан да көп аммоний тиосульфаты қажет. Бұл зерттеуде алтын аммоний тиосульфатымен толығымен дерлік еріген. Бұл алтынның пиритте немесе кварцта тұрақтамайтындығына байланысты болуы мүмкін.

Кесте 2.3 – Алтынның еру дәрежесінің аммоний тиосульфат концентрациясы мен уақытқа тәуелділігі (Тәжірибе шарттары: 0,05 М мыс сульфаты, Қ:С қатынасы 0,2, рН 9,5, температура 60 °С)

(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> концентрациясы, М	Шаймалау процесінің ұзақтығы, сағ				
	0	1	2	3	4
	Алтынның еруі, %				
0,05	0	2	4	6	10
0,1	0	21	22	22	27
0,2	0	21	23	23	25
0,4	0	37	48	55	62
0,5	0	72	97	99	99



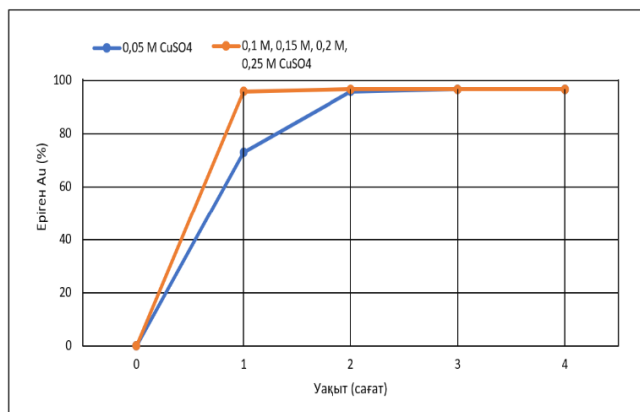
2.4 - сурет – Аммоний тиосульфаты концентрациясының алтынды шаймалау тиімділігіне әсері (Тәжірибе шарттары: 0,05 М мыс сульфаты, Қ:С қатынасы 0,2, рН 9,5, температура 60 °С)

## 2.4 Мыс сульфатының концентрациясының алтынды шаймалау тиімділігіне әсері

2.5-суретте мыс сульфаты концентрациясы өзгерген кезде алтынды шаймалау тиімділігі көрсетілген. Бұл зерттеулер 60 °С температурада және 0,5 М аммоний тиосульфатының ерітіндісін пайдаланып 0,2 Қ:С қатынасында жүргізілді. 2.4-кесте мен 2.5-суретте көрсетілгендей, бірінші сағат ішінде шаймалау тиімділігі тез өсті. Мыс иондарының жоғары концентрациясында (0,25 М-ден 0,1 М-ге дейін) алтынды шаймалау тиімділігі 1 сағат ішінде 99 % - ға жетті. 0,05 М мыс сульфаты концентрациясында шаймалау тиімділігі 1-2 сағат ішінде 73,4 % - дан 98-99 % - ға дейін өсті.

Кесте 2.4 – Алтынның еру дәрежесінің аммоний тиосульфат концентрациясына тәуелділігі (Тәжірибе шарттары: 0,5 М аммоний тиосульфаты, Қ:С қатынасы 0,2, рН 9,5, температура 60 °С)

CuSO <sub>4</sub> концентрациясы, М	Шаймалау процесінің ұзақтығы, сағ				
	0	1	2	3	4
	Алтынның еруі, %				
0,05	0	73	97	99	99
0,1, 0,15, 0,2, 0,25	0	96	99	99	99



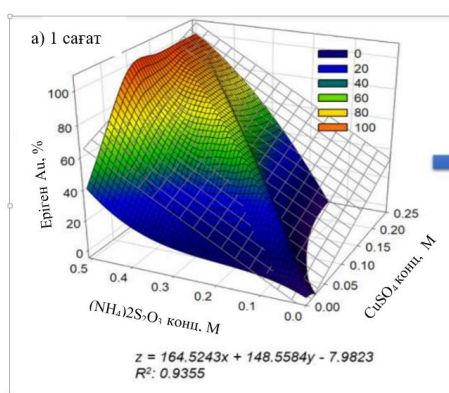
2.5 - сурет – CuSO<sub>4</sub> концентрациясының алтынды шаймалау тиімділігіне әсері (Тәжірибе шарттары: 0,5 М аммоний тиосульфаты, Қ:С қатынасы 0,2, рН 9,5, температура 60 °С)

## 2.5 Алтынды шаймалау үшін аммоний тиосульфаты мен мыс сульфатының концентрациясы арасындағы корреляция

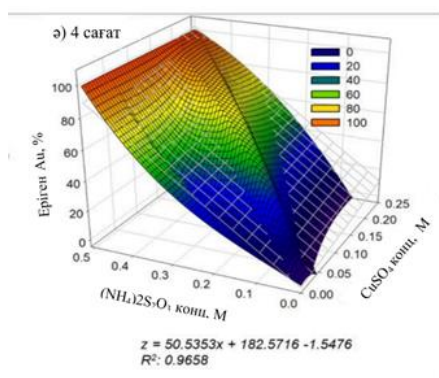
Аммоний тиосульфаты мен мыс сульфаты 4 концентрациясының сілтісіздендіру тиімділігіне әсерін зерттеу үшін 3D сызбасы талданды. 6-суретте аммоний тиосульфатының концентрациясының, мыс сульфаты концентрациясының және шаймалау тиімділігінің 3D сызбасы көрсетілген.



z шамасы сәйкесінше 1 және 4 сағаттағы сілтісіздендіру тиімділігін көрсетеді, x –  $\text{CuSO}_4$  концентрациясы, y – аммоний тиосульфатының концентрациясы. 6-суретте көрсетілгендей, аммоний тиосульфаты мен мыс сульфаты концентрациясына қарай сілтілеу тиімділігі артады. 1 сағаттық шаймалау кезіндегі алтынның бастапқы әрекеті үшін (2.6-сурет) сілтілеу тиімділігі аммоний тиосульфатына қарағанда мыс сульфаты концентрациясының өзгеруіне көбірек әсер етті. Алайда аммоний тиосульфатының концентрациясының әсері шаймалау уақыты ұлғайған сайын арта түсті (2.6-сурет, 2.7-сурет). Бір қызығы, мыс сульфаты және аммоний тиосульфаты бар алтынды сілтілеу тиімділігінің үрдісі шаймалау уақытының ұлғаюымен тегіс қисық сызықты ұстанды (2.7-сурет). Берілген деректер бойынша идеалды жазық учаске есептелді және мәндері 2.7-суретте көрсетілген  $R^2$  мәні (детерминация коэффициенті) 0,9658 болды, бұл жазық аймаққа салыстырмалы түрде сәйкес келеді.



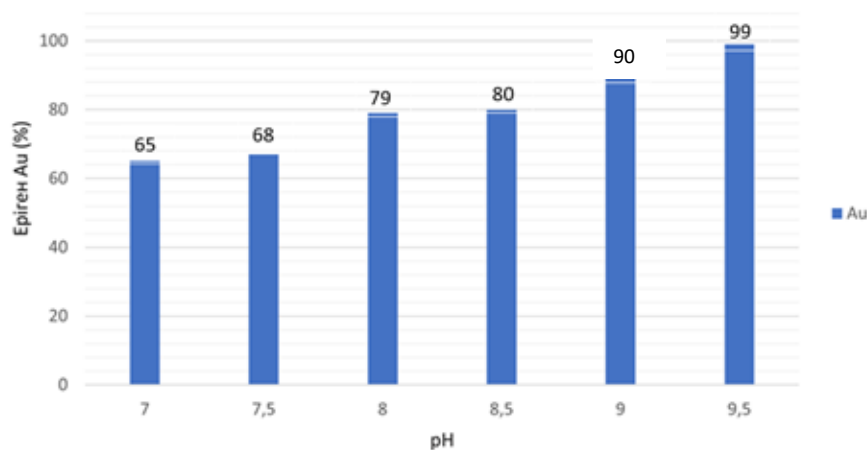
2.6 - сурет – Аммоний тиосульфаты мен мыс сульфаты концентрациясының алтынды 1 сағат шаймалау тиімділігі бойынша корреляциясы (Тәжірибе шарттары: Қ:С қатынасы 0,2, рН 9,5, температура 60 °С)



2.7 - сурет – Аммоний тиосульфаты мен мыс сульфаты концентрациясының алтынды 2 сағат шаймалау тиімділігі бойынша корреляциясы. (Тәжірибе шарттары: Қ:С қатынасы 0,2, рН 9,5, температура 60 °С)

## 2.6 Алтынды шаймалау тиімділігіне рН әсері

Алтынды тиімді еріту үшін рН өзгертуімен (7,0-ден 9,5-ке дейін) шаймалау жұмыстары жүргізілді. Тәжірибелік жағдайлар: Қ:С қатынасы 0,2, аммоний тиосульфатының концентрациясы 0,5 М, мыс сульфаты концентрациясы 0,05 М, 60 °С температурада 4 сағат. 2.8-суретте көрсетілгендей, рН жоғарылаған сайын шаймалау тиімділігі артады. 7-ден 9,5-ке дейінгі сәйкес рН диапазоны үшін шаймалау тиімділігі шамамен 65 %-дан 99 %-ға дейін өсті. Аммиак тиосульфатын шаймалау процесінің рН мәні әдетте Cu(II)-аммиак кешені түрінде мыстың еруі үшін аммиактың болуын қамтамасыз ету керек. Ол үшін әдетте аммиак тиосульфатымен шаймалау процесінің рН мәні 9 бен 10 аралығында сақталады. Моллеман мен Драйзингер алтынды қалпына келтіру үшін аммоний тиосульфатымен шаймалау рН 9-10 кезінде жақсырақ жүргізілетінін анықтады [33]. Сол себептен, осы зерттеуде рН 9,5 алтынды сілтiсiздендiруi үшiн қолайлы болып танылды.



2.8 - сурет – Алтынды шаймалау тиімділігіне рН әсері. (Тәжірибе шарттары: 0,5 М аммоний тиосульфаты, 0,05 М CuSO<sub>4</sub>, ҚС қатынасы 0,2, температура 60 °С)

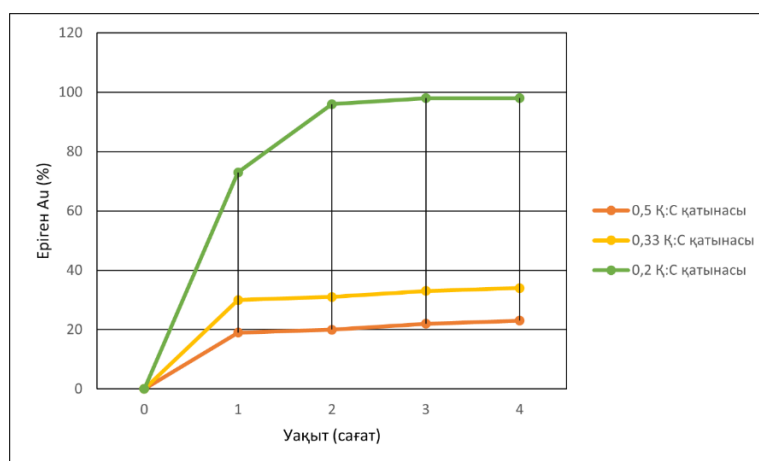
## 2.7 Қ:С қатынасының алтынды шаймалау тиімділігіне әсері

Шаймалау - бұл қатты-сұйық реакция, онда екі фаза тығыз байланыста болады; еріткіш қатты фазадан сұйық фазаға диффузиялануы мүмкін, бұл бастапқыда қатты фазада болатын компоненттердің бөлінуіне әкеледі. Сонымен қатар, пульпа тығыздығы алтынның металлургиялық операциясындағы масса тасымалдау кинетикасына әсер ететін негізгі фактор болып табылады [34]. Тәжірибелер 0,5 М аммоний тиосульфатының концентрациясын 0,05 М мыс сульфаты концентрациясымен қолдана отырып, әр түрлі Қ:С (0,2, 0,33 және 0,5) қатынасында жүргізілді. 60 °С температурада және 1-ден 4 сағатқа дейінгі шаймалау кезеңдерінде жүргізілген бұл тәжірибелер 8-суретте көрсетілген.

Шаймалау тиімділігі 2.9-суретте көрсетілгендей 4 сағат ішінде Қ:С коэффициенті 0,2-ден 0,5-ке дейін ұлғайған кезде 99 %-дан 24 %-ға дейін төмендеді. Төменгі Қ:С қатынасы шаймалау тиімділігін арттыратынын, ал жоғарырақ Қ:С қатынасы оны төмендететінін байқауға болады, бұл пульпа тығыздығының жоғарылауымен тиосульфаттың жоғары концентрацияларын пайдалану қажеттілігіне байланысты болуы мүмкін [35], [36]. Наварро және басқалары пульпа тығыздығы жоғарылаған кезде тиосульфат концентрациясын арттыру арқылы алтынды шаймалаудың максималды тиімділігіне қол жеткізуге болатынын хабарлады [35]. Нәтижелер аммоний тиосульфатының (0,5 М) және мыс сульфатының (0,05 М) артықшылықты концентрацияларында 60 °С және 0,2 Қ:С қатынасында алтынның жоғары шаймалау жылдамдығы жоғары шаймалау тиімділігіне әкелетінін көрсетеді. Алтынның шаймалау тиімділігі тұрғысынан пульпаның тығыздығына сезімтал екендігі расталды.

Кесте 2.5 – Қ:С қатынасының алтынды шаймалау тиімділігіне әсері. (Тәжірибелік шарттар: 0,5 М аммоний тиосульфаты, 0,05 М CuSO<sub>4</sub>, рН 9,5, температура 60 °С)

Қ:С қатынасы	Шаймалау процесінің ұзақтығы, сағ				
	0	1	2	3	4
	Алтынның еруі, %				
0,5	0	19	20	22	23
0,33	0	30	31	33	34
0,2	0	73	96	99	99



2.9 - сурет – Қ:С қатынасының алтынды шаймалау тиімділігіне әсері. (Тәжірибелік шарттар: 0,5 М аммоний тиосульфаты, 0,05 М CuSO<sub>4</sub>, рН 9,5, температура 60 °С)

### 3 Экономикалық бөлім

Дипломдық зерттеу жұмысы кезінде қолданылатын құрал жабдықтардың амортизациялық шығыны, коммуналды қызметтерге кеткен қаражат және реагенттер мен қолданылған материалдардың құны мен қаражат шығындары есептеледі.

#### 3.1 Зерттеу жұмысын жүргізу кезіндегі амортизациялық шығынды есептеу

Алдымен амортизациялық шығын есептелінді, ол тәжірибе жұмысында қолданылған зертханалық жабдықтарды есептеуден құралды (3.1–кесте). Амортизациялық шығынның нормасы мен сомасын құрал-жабдықтардың қызмет көрсету мерзіміне байланысты анықтадық:

$$H_a = \frac{100}{B}, \quad (15)$$

мұндағы  $B$  – қызмет көрсету мерзімі.

Кесте 3.1 – Амортизациялық шығындар

Қондырғы атаулары	Қызмет көрсету мерзімі, жыл	Саны	Бағасы, тг	Жылдық бағасы, тг	$H_a, \%$	Амортизацияның жылдық сомасы, тг
Магнитті араластырғыш	10	2	80000	160000	10	10720
Аналитикалық тарзы	10	1	68000	68000	10	6800
Құйғыш	4	1	2000	2000	25	500
Термотұрақты стақан	4	2	900	1800	25	450
Өлшегіш цилиндр	4	2	1000	2000	25	500
Колба	4	1	3500	3500	25	875
Сүзгіш	1	1	1_орама 1000	1000	100	1000
Барлығы	37	10	156400	238300	216,7	20845

Есептеулерге сәйкес, жабдықтардың жалпы бағасы 238300 тг, ал амортизациялық шығынның жылдық сомасы 20845 тг құрады. Жабдықтардың бір айдағы амортизациялық шығыны – 1737 тг.

### **3.2 Негізгі материалдар мен қосалқы материалдарға жұмсалатын шығынды есептеу**

Экспериментті орындау барысында жасалған талдаулар мен тәжірибе жүргізуге арналған негізгі және қосалқы материал шығыны есептелді. Аталған шығындар 12 тәжірибеге есептелді. Есептеу нәтижелері. 3.2 - кестеде келтірілді.

Кесте 3.2 – Негізгі және қосалқы материалдар шығыны

Материал атауы	Материал шығыны	Бағасы, тг	Жалпы бағасы, тг
Аммоний тиосульфаты, кг	1	1978	1978
Дистилденген су, л	4	116	465
Барлығы	201,926	2094	2443

Алынған нәтижелер негізгі және қосалқы материалдарға жұмсалған қаражаттың жалпы сомасын көрсетті, оның бір айдағы мөлшері – 2443 тг.

#### **3.2.1 Эксперименттерді орындауға жұмсалған электрэнергиясының шығыны**

Негізгі электр энергиясын тұтынады:

2 магнитті араластырғыш, 1 аппарата сағатына орташа есеппен 1020 Вт электр энергиясын тұтынады, демек 88 сағат жұмыс үшін жалпы 89,7 кВт/сағ энергия тұтынады. 1 кВт/сағ электр энергиясының құны 24,84 тг, сонда 89,76 кВт/сағ электроэнергияға:

$$89,76 \cdot 24,84 = 2229,64 \text{ тг жұмсалды.}$$

Соңында тәжірибелік жұмыстарға кеткен электроэнергияға 2229,64 тг шығын кетті.

#### **3.2.2 Салқын суға кеткен шығынды есептеу**

Су құбырынан келетін су тек химиялық ыдыстарды жууға жұмсалды, тәжірибеге дистилденген су қолданылды.

Суық суға кеткен шығындарды 22 тәжірибеге есептейміз. 22 тәжірибені жүргізу кезінде химиялық ыдыстарды жууға кететін судың мөлшері шамамен 0,3 м<sup>3</sup>. Мемлекет есебінен қамтамасыз етілетін ұйымдар үшін 1 м<sup>3</sup> суық су бағасы 161 тг, онда химиялық ыдыстарды жууға кеткен 0,3 м<sup>3</sup> судың шығыны мынадай:

$$0,3 \cdot 161 = 48,3 \text{ тг.}$$

### 3.2.3 Жалпы шығын соммасын есептеу

Шығындардың жалпы соммасы шикізатқа, реактивтер, суды, электрэнергиясын, жабдыққа кеткен амортизациялық алынымдар және жалақыны енгізеді. Барлық шығындар 3.3 – кестеге енгізілген.

Кесте 3.3 – Ғылыми – зерттеу жұмысына кеткен жалпы шығындар

Шығын түрлері	Шығын соммасы, тг
Бір айға кеткен амортизациялық шығындар	9762
Көмекші және негізгі материалдар	2443
Электр қуаты	2229,64
Салқын су	48,3
Барлығы	6457,94

Сонымен зерттеуге кеткен шығын соммасы 14482,94 тг құрайды.

## **4 Еңбекті қорғау**

Қауіпті және зиянды өндірістік факторларды талдау Қазақстан Республикасының заңдарын ескере отырып жүргізілді:

- 2007 жылғы 22 мамырдағы Қазақстан Республикасының Еңбек кодексі;
- Өрт қауіпсіздігі туралы заң 23.11.2015 ж.;
- «Қауіпті өндірістік объектілердегі өнеркәсіптік қауіпсіздік туралы» 2007 жылғы 15 мамырдағы № 251-3-ІІ ҚРЗ Заңы;
- «Техникалық реттеу туралы» Қазақстан Республикасының Заңы.

### **4.1 Қауіпті өндірістік факторларды талдау**

Дипломдық жұмыстың зерттеу жұмыстары негізінен «ҚР МШҚҚӨ ҰО» РМК филиалы «Қазмеханобр» Мемлекеттік өнеркәсіптік экология ғылыми-өндірістік бірлестігінде, асыл металдар зертханасында жүргізілді. Қауіпсіздік техникасы зертхана меңгерушісінің құзыреті бойынша жүзеге асырылады.

Зертхана меңгерушісі кәсіпорында еңбекті қорғаудың толығымен жауапты маман болып табылады. Еңбекті қорғау бөлімі қауіпсіздік еңбек шараларында жүйелі түрде бақылауды жүзеге асырады және апаттан сақтандыру жолын көрсетеді.

Бұл жұмысты орындау кезінде қауіпсіздік ережелерін бұзу салдарынан бірқатар өндірістік жарақаттар болуы мүмкін, атап айтқанда:

- ақаулы электр жабдығымен жанасқанда және қауіпсіздік ережелерін сақтамағанда, сондай-ақ жабдыққа химиялық белсенді орта әсер еткенде электр тогының соғуы;
- қышқылдардың, сілтілердің және органикалық заттардың зиянды ерітінділерімен.
- химиялық агрессивті және улы заттармен және олардың ерітінділерімен (күкірт қышқылы, аммоний нитраты) зақымдану қаупі;
- механикалық жарақат алу қаупі (шыны колбалармен жұмыс істегенде, жабдықты орнату және жөндеу кезінде);
- электр тогының соғу қаупі;
- өрт және жарылыс қауіпті сұйықтықтармен және заттармен жұмыс істеу;
- жұмыс орнының жеткіліксіз жарықтандырылуы.

Жұмыс кезінде адам әр түрлі заттар мен реагенттер жұмыс жасай отырып, оған әр түрлі өндірістік жағдайдағы параметрлер әсер етуі мүмкін (температура, бөлме ылғалдылығы, ауаның қозғалғыштығы, шу және т.б.). Көбінесе еңбек жағдайларына байланысты, адамның денсаулығы мен жұмысқа қабілеттілігі және оның жұмысқа деген көзқарасын анықтайды. Мұндай факторлар тек өндірістік жұмыста ғана емес, сонымен қатар зертханалық жағдайда орын алып жатады. Зертханада әрбір адам мына талаптарды біліп, есте сақтаған дұрыс:

- техникалық және өрт қауіпсіздігі бойынша жұмыс орындау алдында нұсқаулықпен танысу;



- өрт сөндіру құралдарын дұрыс қолданып, олардың орналасқан жерін білу;
- дәрі - дәрмек қобдишасының орналасқан жерін білу керек. Міндетті түрде күйік шалған кезінде алғашқы көмек көрсете білу (оның ішінде химиялық);
- бастапқы реактивтер мен түзілетін заттардың ерекшеліктерін білу;
- жеке қорғаныс құралдарын қолдану;
- жұмыс аяқталғаннан кейін зертхананы барлық ток көзінен ажыратып, газ, электр, су жабдықтарын өшіруді ұмытпау.

Қарастырылып отырған бұл жұмысты орындау кезінде техника қауіпсіздігін сақтамаған кезде адам өндірістік жарақат алу мүмкін. Ең қауіпті және зиянды болып табылатын жағдайлар:

- қышқылдар мен сілті ерітінділерімен дұрыс жұмыс жасамаса, тері мен дем алу жолдарының күйіп қалуы мүмкін;
- химиялық жабдықтарға химиялық активті орта әсері мүмкіндігінен туындайтын, жоғары қауіптіліктің салдарынан электр тогына түсіп қалуы.

Сілтілермен жұмыс жасаған кезінде денсаулыққа қауіп төндірмеу үшін бірнеше ережелерді білген жөн. Олар:

1) құрғақ түрінде сілті белсенді емес. Яғни, егер сілті ыдыста болса және сіз одан бір метр қашықтықта болсаңыз, сілті ешқандай зиян келтіре алмайды. Бірақ сумен араласқан кезде қатты реакция пайда болуы мүмкін;

2) беттегі мүлдем құрғақ теріде тер бездері бөлетін су тамшылары бар, мұрынның, ауыздың және көздің шырышты қабаттарында ылғал көп болады, сонымен қатар су мен ауада көп. Сондықтан теріні сұйылтылған сілтінің ғана емес, құрғақ сілті әсерінен де қорғаған дұрыс, алдын алмаса химиялық күйік пайда болады;

3) сілтілік булар – қауіпті, бірақ шырышты қабаттар мен терінің химиялық күйігін алу үшін денеге бу жеткілікті концентрацияға түскені дұрыс, мысалы, егер сіз ыстық сілтілі ерітіндімен контейнерге сүйеніп, дем алсаңыз немесе химиялық ыдысқа сілтіні құйсаңыз, аз мөлшерде сілтілі шаң ауаға ұшады. Егер көздің шырышты қабығына сілтінің аз мөлшері түссе, өткір қатты ауырсыну байқалады, содан кейін көру қабілетінің төмендеуі мүмкін. Сілтілік булар жоғарғы тыныс жолдарына қатты тітіркендіргіш әсер етеді, өңеш бойында, іште ауырсыну пайда болады, қан араласқан құсу басталуы мүмкін;

## **4.2 Электр қауіпсіздігін қамтамасыз ету**

Адамды электр тогының ықтимал зақымдануынан қорғау үшін барлық металл аспаптардың корпустары жерге тұйықталады, сондай-ақ электр тогының барлық өткізгіштері тоқ өткізбейтін оқшаулағыш материалмен оқшауланады. Үй-жайда, үй-жайдан тыс жерде өрт туындаған жағдайда ажыратқыш орнатылады, оны пайдалана отырып, жанып жатқан объектіні токтан ажыратуға болады, осылайша өрттің одан әрі таралуына жол бермейді.

Зертхананың әрбір қызметкері белгіленген өрт қауіпсіздігі ережелерін білуге және қатаң орындауға және іс-әрекеттерге жол бермеуге міндетті. Осы ереженің бұзылуына кінәлі тұлғалар бұзушылықтардың сипаты мен олардың салдарына қарай тәртіптік, әкімшілік немесе сот тәртібімен жауапты болады.

Студенттердің өртке қарсы дайындығы өртке қарсы нұсқамадан және өрт-техникалық минимум бойынша сабақтардан тұрады.

Зертхана қызметкерлері қолданылатын химиялық заттардың өрт қауіптілігін білуге және олармен жұмыс істеу кезінде қауіпсіздік шараларын сақтауға міндетті.

Зертханадағы улы және өрт, жарылыс қаупі бар газдарды бөлу мүмкіндігімен байланысты барлық жұмыстар сору шкафтарында жүргізілуі тиіс.

Зертханада міндетті түрде өрт сөндіргіштер, шұға немесе асбест киізі, құмсалғыш немесе құрғақ құм салынған жәшік, қалақ болуы тиіс.

### **4.3 Ауа алмасу**

Ауа алмасу – бұл бөлмелердегі ластанған ауаны таза ауаға ауыстыру. Ауа алмасу табиғи және жасанды болып бөлінеді.

Зертханада ауа алмасуды есептеу үшін сіз барлық көздерден жылу шығаруды білуіңіз керек.

Зертханадағы артық жылу күн жылуынан және зертханада жұмыс істейтін адамдар шығаратын жылудан пайда болады.

### **4.4 Қышқыл күйіктері үшін алғашқы көмек шаралары**

Қышқылдармен жұмыс істейтін барлық қызметкерлер химиялық күйік кезінде зардап шеккендерге алғашқы көмек көрсетуге үйретілуі керек.

Алғашқы медициналық көмек жинағында әрдайым тиісті дәрі-дәрмектер мен таңғыштар болуы керек.

Егер бұл реактивтер қызған болса, қышқылмен күйіп қалудың ауырлығы артады. Егер теріге қышқылдар түссе, зардап шеккен аймақты дереу 10-15 минут ішінде көп мөлшерде ағынды сумен жуып, содан кейін 5 % ас содасының ерітіндісімен емдеу керек.

Егер көзге қышқыл түссе, көзді су ағынымен жуып, сүлгімен кептіру керек, содан кейін медициналық көмекке жүгіну керек.

Егер қышқыл киімге түссе, дақты сумен жуыңыз. Концентрацияланған күкірт және тұз қышқылдарын құю тартпа шкафына тартым қосылған кезде ғана жүргізіледі. Бұл ретте сору шкафтарының есіктері мүмкіндігінше жабылады.

Егер қышқыл кездейсоқ төгілсе, алдымен ол қышқылды сіңіру үшін құммен жабылады. Содан кейін құм алынып тасталады, қышқыл төгілген жер әк немесе содамен жабылады, содан кейін сумен жуылады және құрғайды.

#### **4.5 Жасанды жарықтандыруды ұйымдастыру**

Электр жарығы тәуліктің қараңғы уақытында немесе жеткілікті табиғи жарығы жоқ жерлерде жұмыс жүргізу үшін қажет. Жарық көзін таңдау жұмыстың сипатына, қоршаған орта жағдайларына, бөлменің көлеміне және басқаларға байланысты.

Люминесцентті лампалар, егер қажет болса, адамдар үнемі тұратын табиғи жарығы жеткіліксіз бөлмелерде жұмыс істеуге қолайлы жағдай жасау үшін қолданылады.

Жарықтандыру үшін жақын және алыс қашықтықтағы жарықтандыру құрылғылары да қолданылады.

Жасанды жарықтандыруды есептеу.

Зертханадағы табиғи жарық бүйірлік терезе арқылы жүзеге асырылады. Зертханада қалыпты жұмыс істеу үшін жасанды жарықтандыру қажет. Бұл бөлме үшін нормаланған жарықтандыру 300 лк.

Жасанды жарықтандыру ЛД-80 шамдары бар ШОД типті шамдармен қамтамасыз етіледі.

#### **4.6 Өртке қарсы іс-шаралар**

Өрт қауіпті сұйықтықтармен жұмыс істеу кезінде қызметкер:

– қолданылатын химиялық заттар мен материалдардың өрт қауіптілігін білуге және олармен жұмыс істеу кезінде қауіпсіздік шараларын сақтауға тиіс. Химиялық өзара әрекеттесуі өрт немесе жарылыс тудыруы мүмкін заттарды бірге сақтауға жол берілмейді;

– зертхананың барлық үй-жайларындағы сору-сыртқа тарату желдеткіші жұмыс басталғанға дейін 30 минут бұрын қосылады және жұмыс күні аяқталғаннан кейін сөндіріледі;

– зертханалық үй-жайларда немесе дәлізде үй-жайға кіреберістің жанында міндетті түрде: өрт сөндіргіш, асбест немесе шұға киізі, құмсалғыш немесе құрғақ құм мен қалақпен жәшік болуы тиіс;

– от қауіпті заттар жұмыс орнында тікелей жұмыс істеу үшін қажетті мөлшерде ғана болады және ауысымдық нормадан аспауы тиіс;

– қышқылдар мен сілтілерді тасу кезіндегі жұмыстарды арнайы оқытылған адамдар қышқылдарды бір адамның тасымалдауына сыйымдылығы 5 л-ден аспайтын тиісті шыны ыдыста арнайы себеттерде рұқсат етіледі. Сыйымдылығы 5 л-ден астам қышқылдар мен сілтілердің ерітінділері бар шөлмектер берік себеттерге салынуы тиіс, бұл ретте бос аралықтар сабанмен немесе жоңқалармен толтырылады және екі жұмысшы тасымалдайды;

– ТТС және ЖС - мен барлық жұмыстар сору шкафында желдеткіш жұмыс істеп тұрған кезде жүргізілуі тиіс. От қауіпті заттармен бір жерде шоғырландыруға, сондай-ақ осы жұмыстарды жүргізуді зертхананың тәжірибесіз қызметкеріне тапсыруға қатаң тыйым салынады;

- сумен араластырылатын сұйықтықтар жанған кезде-оларды өрт сөндіргіштермен, су ағынымен, құммен, асбест немесе шұға көрпемен сөндіреді;
- сумен араластырылатын сұйықтықтар жанған кезде - оларды шеткері аймақтан бастап көмірқышқылды немесе ұнтақты өрт сөндіргіштермен, құммен, жапқыштармен сөндіреді;
- пайдаланылған жанғыш сұйықтықтарды регенерация немесе жою үшін зертханадан алып тастайтын арнайы герметикалық-жабылатын ыдысқа жинау керек.

## ҚОРЫТЫНДЫ

Бұл тәжірибелік жұмыста концентрацияланған сульфидті кеннен алтынды бөліп алу үшін аммоний тиосульфатымен шаймалау процесін зерттедік.

Аммоний тиосульфаты ((NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) мен мыс сульфаты (CuSO<sub>4</sub>) концентрациясын, шаймалау процесі жүретін уақыт пен температураны, Қ:С (қаты мен сұйық қатынасы), рН мәнін өзгерту арқылы алтынның шаймалау әрекетін түсінуге назар аударылды. Осы химиялық заттардың концентрациясының жоғарылауы шаймалау тиімділігінің артуына әкелді.

Айта кететін жайт, шаймалау тиімділігі мыс сульфаты және аммоний тиосульфатының концентрациясының өзгеруіндегі сызықтық тенденцияға сәйкес келді. Шаймалау экспериментінің температурасы мен рН-ы процесінің тиімділігіне әсер ететін шешуші факторлар болды. Шаймалаудың оңтайлы тиімділігіне 60 °С температурада және рН 9,5 болғанда қол жеткізілді. Алайда, 4 сағаттық кезеңде Қ:С қатынасының 0,2-ден 0,5-ке дейін артуы алтынды шаймалау тиімділігінің бастапқы 99 % тиімділігімен салыстырғанда 24% - ға дейін төмендеуіне әкелді.

Алынған нәтижелерге сүйене отырып, алтынды алу үшін шаймалау процесі келесі оңтайлы көрсеткіштер жағдайында 99 %-ға жуық тиімділікті қамтамасыз ете алады деген қорытындыға келеміз: 0,5 М аммоний тиосульфаты концентрациясы, 0,05 М мыс купоросы концентрациясы, 0,2 Қ:С қатынасы, 60 °С температура және рН 9,5.

## ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Muir D.M. A review of the selective leaching of gold from oxidised copper-gold ores with ammonia-cyanide and new insights for plant control and operation. *Miner. Eng.* 2011, 24, 576–582.
- 2 Самихов Ш.Р., Зинченко З.А., Бобохонов Б.А. Изучение кинетики процесса цианирования золотосодержащих руд Таджикистана. *Известия НАНТ, Отд. физ.-мат., геол. и техн. наук.* 2012, № 1, 85–91.
- 3 Young C.A. Cyanide: Just the Facts, in *Cyanide. Minerals and Materials Society, New Orleans.* 2001, 99–114.
- 4 Hilson G., Monhemius A.J. Alternatives to cyanide in the gold mining industry: What prospects for the future? *J. Clean. Prod.* 2006, 14, 1158–1167.
- 5 Mine Action. *Cyanide Alternatives: Alternatives for Cyanide in the Gold Mining Industry.* Great Basin Mine Watch, Reno, 2000.
- 6 Moran R. More Cyanide Uncertainties: Lessons from the Baia Mare, Romania, *MPC Issue Paper*, 2001, № 3.
- 7 Mosher J.B., Figueroa L. Biological Oxidation of Cyanide: A Viable Treatment Option for the Minerals Processing Industry? *Minerals Engineering*, 1996, 9(5), 573–581.
- 8 Kuzugudenli O.E., Kantar C. Alternatives to gold recovery by cyanide leaching. *Erc. Univ. Fen Bil. Derg.* 1999, № 15 (1–2), 119–127.
- 9 САМИХОВ Ш.Р., ЗИНЧЕНКО З.А. Изучение разработки технологии тиосульфатного выщелачивания золота, серебра и меди из руды и концентратов месторождения Тарор. *Вестник ТНУ*, 2016, № 1 (196), 160–165 .
- 10 Swaminathan C., Pyke P., Johnston R.F. Reagent Trends in the Gold Extraction Industry. *Minerals Engineering*, 1993, № 6 (1), 1–16.
- 11 Aylmore M.G. Treatment of a Refractory Gold-Copper Sulphide Concentrate by Copper Ammoniacal Thiosulfate Leaching. *Minerals Engineering*, 2001, № 14(6), 615–637.
- 12 Abbruzzese C., Fornari P., Massidda R., Vegliò F., Ubaldini S. Thiosulphate leaching for gold hydrometallurgy. *Hydrometallurgy*, 1995, № 39, 265–276.
- 13 Aylmore M.G., Muir D.M. Thiosulfate Leaching of Gold – A Review. *Minerals Engineering*, 2001, № 14(2), 135–174.
- 14 Von Michaelis H. Thiosulfate leaching of gold and silver. *Randol Phase IV Report*, Randol International, Golden, Colorado, № 12, 158–164.
- 15 Wan R.Y. Importance of solution chemistry for thiosulphate leaching of gold, *World Gold'97*, Australian IMM, Victoria, 1997, 159–162.
- 16 Navarro P., Vargas P.C., Villarroel A., Alguacil F.J. On the use of ammonical/ammonium thiosulfate for gold extraction from a concentrate. *Hydrometallurgy*. 2002, № 65, 37–42.
- 17 Yen W.T., Guo H., Deschenes G. Development in percolation leaching with ammonium thiosulphate for gold extraction of a mild refractory ore, in *Proceedings of a symposium held in San Diego, California*, Minerals, Metals and Materials Society, Pennsylvania, 1999, 441–455.

18 Langhans J.W., Blake B.D. Gold extraction from low grade carbonaceous ore using thiosulphate, Practical aspects of international management and processing, Society for Mining, Metallurgy and Exploration, Colorado, 1996, 85–96.

19 Balaz P., Ficeriova J., Boldizarova E., Haber M., Jelen S., Kammel R. Thiosulphate leaching of gold from a mechanochemically pretreated complex sulphide concentrate, Proceedings of the XXI International Mineal Processing Congress, Rome, 2000, A6–74 – A6–81.

20 Самихов Ш.Р., Зинченко З.А. Исследования процесса тиосульфатного выщелачивания золотых мышьяксодержащих руд месторождения Чоре. Доклад НАНТ, 2014, № 2, 145–150.

21 Panayotov V.T. A technology for thiosulphate leaching of Au and Ag from pyrite concentrates, Proceedings of the 6th international mineral processing symposium, A.A. Balkema, Rotterdam, 1996, 563–565.

22 Jiang T. Electrochemistry and mechanism of leaching gold with ammoniacal thiosulfate / T. Jiang, J. Chen, S. Xu // In Proceedings of the XVIII 93 International Mineral Processing Congress, Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Sydney, Australia. – 1993, - pp. 23-28.

23 Ter-Arakelyan K. On technological expediency of sodium thiosulphate usage for gold extraction from raw material / Izv.VUZ Tsv. Met. -1984, 5, 72-76.

24 Senanayake G. Gold leaching by copper (II) in ammoniacal thiosulphate solutions in the presence of additives. Part I: A review of the effect of hardsoft and Lewis acid-base properties and interactions of ions / G.Senanayake // Hydrometallurgy. - 2012, 115, - pp. 1–20.

25 D. Feng. Ammoniacal thiosulphate leaching of gold in the presence of pyrite / D. Feng, J.S.J. Van Deventer // Hydrometallurgy. - 2006, 82, - pp. 126-132.

26 D. Feng. Effect of hematite on thiosulphate leaching of gold / D. Feng, J.S.J. Van Deventer // Int. J. Miner. Process. - 2007, 82, - pp. 138–147.

27 Chen X. Thiosulfate Stability in Gold Leaching Process / X. Chen // Master's Thesis, Queen's University, Kingston, ON, Canada, May 2001.

28 Xu B. Effect of common associated sulfide minerals on thiosulfate leaching of gold and the role of humic acid additive / B. Xu, Y. Yang, Q. Li, T. Jiang, X. Zhang, G. Li // Hydrometallurgy. - 2017, 171, - pp. 44-52.

29 Liu X. Effect of galena on thiosulfate leaching of gold / X. Liu, B. Xu, Y. Yang, Q. Li, T. Jiang, X. Zhang, Y. Zhang // Hydrometallurgy. - 2017, 171, - pp. 157-164.

30 Molleman E. The treatment of copper-gold ores by ammonium thiosulfate leaching / E. Molleman, D.Dreisinger // Hydrometallurgy. - 2002, 66, - pp. 1- 21.

31 Aylmore M.G. Thiosulfate leaching of gold-A review / M.G. Aylmore, D.M. Muir // Miner. Eng. - 2001, 14, - pp. 135-174.

32 Abbruzzese, C.; Fornari, P.; Massidda, R.; Vegliò, F.; Ubaldini, S. Thiosulphate leaching for gold hydrometallurgy. Hydrometallurgy 1995, 39, 265–276.

33 Molleman, E.; Dreisinger, D. The treatment of copper–gold ores by ammonium thiosulfate leaching. Hydrometallurgy 2002, 66, 1–21.



34 Fleming, C.A.; Mezei, A.; Bourricaudy, E.; Canizares, M.; Ashbury, M. Factors influencing the rate of gold cyanide leaching and adsorption on activated carbon, and their impact on the design of CIL and CIP circuits. *Miner. Eng.* 2011 , 484–494.

35 Navarro, P.; Vargas, C.; Villarroel, A.; Alguacil, F.J. On the use of ammoniacal/ammonium thiosulphate for gold extraction from a concentrate. *Hydrometallurgy* 2002, 65, 37–42.

36 Tripathi, A.; Kumar, M.; Sau, D.C.; Agrawal, A.; Chakravarty, S.; Mankhand, T.R. Leaching of Gold from the Waste Mobile Phone Printed Circuit Boards (PCBs) with Ammonium Thiosulphate. *IJMEE* 2012, 1, 17–21.