

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ө.А.Байқоңыров атындағы Тау – кен металлургия институты

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

Асау Даяна Айсерікқызы

Мыс - аммиак ерітінділерінен мысты экстракциямен бөліп алу процесін
зерттеу

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

5B070900 – Металлургия мамандығы

Алматы 2022

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ө.А.Байқоңыров атындағы Тау – кен металлургия институты

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

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



КОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ:

МПЖЖАМТ кафедрасының меңгерушісі
қауымд. проф., Ph.D., тех. ғыл. канд,
Чепуштанова Т.А.
2022 ж.

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: “ Мыс - аммиак ерітінділерінен мысты экстракциямен бөліп алу процесін зерттеу ”

5B070900 – Металлургия мамандығы

Орындаған

Асау Д.А.

Рецензент
МЖКБ институтының
Гидрометаллургияның арнайы әдістері
зертханасының меңгерушісі,
техн. ғыл. канд.,

Ғылыми жетекші
қауымд. профессор Ph.D



Койжанова А.К.
2022 ж.

Мамырбаева К.К.
2022 ж.

Алматы 2022

ҚАЗАҚСТАН ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ө.А.Байқоңыров атындағы Тау – кен металлургия институты

«Металлургиялық процестер, жылутехникасы және арнайы материалдар технологиясы» кафедрасы

5B070900 – Металлургия



МФЖжАМТ кафедрасының меңгерушісі
қауымд. проф., Ph.D., техн.ғыл. канд.

Чепуштанова Т.А.

2022 ж.

Дипломдық жұмысты орындауға

ТАПСЫРМА

Білім алушы: Асау Даяна Айсерікқызы.

Тақырып: Мыс - аммиак ерітінділерінен мысты экстракциямен бөліп алу процесін зерттеу

Университет Ректорының 2021 ж"24" желтоқсан №489-П/Ө –б бұйрығымен бекітілген

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі: «28» мамыр 2022 ж.

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістері: Мыс - аммиак ерітінділерінен мысты экстракциямен бөліп алу процесін зерттеу

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

а) Өнімді ерітінділерден мысты бөліп алу бойынша әдеби шолу;

б) Мысқұрамды жүйелерге термодинамикалық талдау;

в) Аммиакты ерітіндіден мысты бөліп алу зерттеулері;

г) Мыс-аммиак ерітінділерінен мысты экстракциямен бөліп алу);

д) Жұмыс істеу кезіндегі қауіпсіздік қорғау бөлімін қарастыру;

Сызба материалдар тізімі (міндетті сызбалар дәл көрсетілуі тиіс)

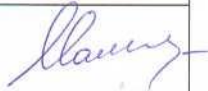


Жұмыстың тақырыбы бойынша қорытындыны қоса 15 слайд.

Ұсынылатын негізгі әдебиет 25 атаудан тұрады


Дипломдық жұмысты даярлау
КЕСТЕСІ

Бөлім атаулары, дайындалатын сұрақтардың тізімі	Ғылыми жетекшіге, кеңесшілерге өткізу мерзімі	Ескерту
Кіріспе	18.02.2022	
Аналитикалық бөлім	02.03.2022	
Тәжірибелік бөлім	29.04.2022	
Экономикалық бөлім	12.05.2022	
Еңбекті қорғау	19.05.2022	
Қорытынды	26.05.2022	
Норма бақылау	02.06.2022	

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

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер, аты, әкесінің аты, тегі (ҒЫЛЫМИ ДӘРЕЖЕСІ, АТАҒЫ)	Қол қойылған күні	Қолы
Экономика бөлімі	қауымд.профессор Ph.D Мамырбаева К.К		
Еңбекті қорғау	қауымд.профессор Ph.D Мамырбаева К.К		
Норма бақылау	т.ғ.к., сениор-лектор, С.С. Коныратбекова	03.06.2022	

Ғылыми жетекші  Мамырбаева К.К.

Студент тапсырманы орындауға алды  Асау Д.А.

Күні "___" _____ 2022 ж.

АНДАТПА

Дипломдық жұмыс тапсырмадан, кіріспеден, 4 тараудан, қорытындыдан және қолданылған әдебиеттер тізімінен тұрады.

Жұмыс дербес компьютерде терілген 38 бетте баяндалған және оның құрамына 5 суреттер, 10 кестелер кіреді. Қолданылған әдебиеттер тізімі 25 атаудан тұрады. Өзекті сөздер: мыс, үйінді шаймалау, сұйылтқыш, күкірт қышқылы.

Дипломдық жұмыстың мақсаты – мыс - аммиак ерітінділерінен мысты экстракциямен бөліп алу процесін зерттеу.

Зерттеу объектісі: ерітінді құрамындағы мыс иондарынан тазарту процестерінің көрсеткіштері реагенттер шығынының артуымен жақсы нәтиже беретінін және процестің температураға, уақытқа тәуелді екенін көрсетті.

Эксперименттік бөлімде мыс - аммиак ерітінділерінен мысты экстракциямен бөліп алу бөліп алу кезінде қолданылған реагенттер, жабдықтар, әдістемелер, сондай-ақ мысқұрамды жүйелерге термодинамикалық талдаулар келтірілген.

Сонымен қатар, зерттеуге кеткен шығындар есептеліп, қоршаған ортаны қорғауға қатысты іс-шаралар қарастырылған.

АННОТАЦИЯ

Дипломная работа состоит из задания, введения, 4 глав, заключения и списка использованной литературы. Работа описана на 38 страницах (набранные на компьютере), и включает в себя 5 рисунков, 10 таблиц.

Список использованной литературы состоит из 25 наименований. Ключевые слова: медь, отвальное выщелачивание, разбавитель, серная кислота.

Цель дипломной работы-изучение процесса извлечения меди из медно - аммиачных растворов экстракцией.

Объект исследования: показатели процессов очистки от ионов меди, содержащихся в растворе, показали, что с увеличением расхода реагентов хорошие результаты и процесс зависит от температуры, времени.

В экспериментальной части приведены реагенты, оборудование, методики, использованные при выделении экстракцией меди из медно - аммиачных растворов, а также термодинамические анализы медьсодержащих систем.

Кроме того, подсчитаны затраты на исследования и предусмотрены мероприятия, связанные с охраной окружающей среды.

ANNOTATION

The thesis consists of a task, an introduction, 4 chapters, a conclusion and a list of references. The work is described on 38 pages (typed on a computer), and includes 5 figures, 10 tables.

The list of references consists of 25 titles. Keywords: copper, dump leaching, diluent, sulfuric acid.

The purpose of the thesis is to study the process of extracting copper from copper -ammonia solutions by extraction.

The object of the study: the indicators of the purification processes from copper ions contained in the solution showed that with an increase in the consumption of reagents, good results and the process depends on temperature, time.

The experimental part contains reagents, equipment, techniques used in the extraction of copper from copper-ammonia solutions, as well as thermodynamic analyses of copper-containing systems.

In addition, research costs have been calculated and measures related to environmental protection are envisaged.

МАЗМҰНЫ

	Кіріспе	9
1	Мысты аммиакты ерітінділерден бөліп алуға әдеби шолу	11
1.1	Мыс туралы жалпы мәлімет	11
1.2	Мыс минералдары	11
1.3	Мыстың кендері	12
1.4	Ерітіндіден мысты бөліп алу әдістері	12
2	Тәжірибелік бөлім	19
2.1	Зерттеуде қолданылатын материалдар мен әдістемелер	19
2.2	Мысты ерітіндіде анықтау әдістемесі	19
2.3	Термодинамикалық талдау	20
2.4	Мыс-аммиак ерітінділерінен мысты экстракциямен бөліп алу процестерін зерттеу	22
3	Экономикалық бөлім	32
4	Қауіпсіздік және еңбек қорғау бөлімі	33
	Қорытынды	35
	Пайдаланылған әдебиттер тізімі	36

КІРІСПЕ

Мыс металы қызыл-қызғылт сары металмен ерекшеленеді, өте икемді және иілгіш, сонымен қатар электр мен жылудың керемет өткізгіштері түрінде ол базальт жыныстарында бастапқы минерал ретінде кездеседі. Сонымен қатар, ол күкіртті қосылыстарда, арсенидтерде, хлоридтерде және карбонаттарда тотықтырылады; яғни пайдалы қазбалардың үлкен категориясы. Түсті, сирек және асыл металдардың қолдану аймағы кеңейген сайын оның тазалығына өте жоғары талап қойылуда. Бай кендердің азаюынан таза металл алу қиындай түсуде, ал металлургия өндірісінде құрамында аз ғана бағалы зат бар шикізат жіберілуде.

Мыс гидрометаллургиясында бай мыс кендері жылдан жылға азайып жатыр, сондықтан өндірісте кедей мыс кендері тарылуда. Кедей, оксидті минералдары бар кендерді өңдеу үшін гидрометаллургиялық аммиакты шаймалау тиімді. Аммиакты шаймалау гидрометаллургияда оксидті және сульфидті кендерді, концентраттарды немесе жанама өнімдерді, әсіресе қышқыл шаймалау кезінде қышқыл қабылдауды арттыратын карбонатты жыныстардың едәуір мөлшері бар өнімдерді өңдеу үшін жиі қолданылады. Аммиак және оның тұздары (карбонат немесе сульфат) өте тиімді және селективті шаймалау агенттері болып табылады. Олар Ag, Au, Co, Cu, Ni және Zn аммиак кешендерінің жоғары тұрақтылық константаларын ескере отырып, қышқыл тотықтырғыш ерітінділерге жақсы балама бола алады. Құрамында мыс, темір және темір минералдары (халькопирит, борнит, пирит, пиротит) бар материалдарда аммиакты шаймалау оның селективтілігіне байланысты пайдалы болуы мүмкін.

Дипломдық жұмыстың өзектілігі. Аммиакты ерітіндіден мысты бөліп алу бойынша зерттеу жұмыстары аз жүргізілген, сондықтан осы бағытта зерттеуді жүргізу маңызды мәселелердің бірі болып табылады.

Дипломдық жұмыстың мақсаты. Мыс - аммиак ерітінділерінен мысты экстракциямен бөліп алу процесін зерттеу.

Жұмыстың жалпы міндеттері :

- мыс гидрометаллургиясы, аммиакты ерітінділерден мысты бөліп алу бойынша әдеби шолу;
- термодинамикалық талдау
- мысты аммиакты ерітінділерден бөліп алуға әр түрлі факторлардың әсер етуін зерттеу;
- экономикалық есептеулер;
- еңбек қорғау және қауіпсіздік ережелерін қарастыру.

Дипломдық жұмыстың жаңалығы. Аммиакты ерітіндіден мысты бөліп алу көрсеткіштері бойынша есептелген мәндер тиімді экстрагент болып А-экстрагенті - LIX 984n табылатындығын дәлелдейді, яғни Б-экстрагенті - LIX 84 экстрагентінің экстракция көрсеткіштері жоғары болғанымен, реэкстракция кезінде өте төмен нәтижені көрсетті. Мұндай экстрагентті әрі қарай өндірісте қолдану тиімді болып табылмайды.

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

1 Әдеби шолу

1.1 Мыс туралы жалпы мәлімет

Мыс — периодтық жүйедегі элементтердің бірінші тобындағы химиялық элемент, атомдық нөмірі 29, атомдық массасы 63,546. Тұрақты екі изотопы бар: 63 Cu және 65 Cu. Жер қыртысындағы массасы бойынша мөлшері 4,7.10 – 03 %. Негізгі минералдары: халькопирит, халькозин, ковеллин, малахит, азурит. Пластикалық қызыл түсті металл, кристалл торы қырлары центрленген кубтық, тығыздығы 8,94 г/см³, тотығу дәрежесі +1, +2. Бөлме температурасындағы құрғақ ауада тотықпайтын болып келеді. Қыздырғанда CuO және Cu₂O-ға дейін ауада тотығады, галогендермен, S, Se, HNO₃, HSO₄-пен әрекеттеседі. Аммиак, цианидтермен, т.б. кешенді қосылыстар түзеді. Сульфид концентратын балқытып, одан түзілген мыс штейнін қара мысқа дейін тотықтырып, оны электролиттік әдіспен тазарту арқылы; гидрометаллургиялық әдіс – құрамында мысы бар минералдарды күкірт қышқылымен (немесе NH₃ ерітіндісімен) өңдеп, одан әрі электролиздеу арқылы алады. Мыс кабельдердің, электр қондырғылары мен жылу алмастырғыштардың ток өткізгіш бөлігін жасау үшін пайдаланылады; қорытпалардың (латунь, қола, мыс-никель, т.б.) құраушысы ретінде қолданылады. Қоспа түрінде мыс екі дәрежеде тотығады. Оксид тұрақсыз дәрежеде Cu⁺ және көбіне тұрақты Cu²⁺, көк және жасыл-көк түрінде тұз түзе кездеседі. Арнайы жасақталған жағдайда +3 тіпті +5 тотыққан қоспаларын алуға болады. Мыс карбонаты(II) жасыл түске ие, мыстан жасалған ескерткіштердің, бұйымдардың және ғимараттардың жасылданып тұратыны сондықтан. Мыс хлориді түссіз кристал (көбіне ақ ұнтақ,) тығыздығы 4,11 г/см³. Құрғақ түрінде тұрақты. Ылғалды жерде оттегімен тотығып, көк-жасыл түске енеді. Сульфит натрийнің тұз ерітіндісінде мыс хлоридін (II) синтездеп алуға болады.

1.2 Мыс минералдары

Мысқұрамды кендер - құрамынан мыс алынатын табиғи шикізат. Оның құрамына мысы бар 240-тан аса минерал кіреді. Олардың ішінде өнеркәсіптік негізгілері: халькопирит (құрамындағы мыстың мөлшері 34 %), борнит (63,3), ковеллин (66,4), халькозин (79,8), теннантит (57), тетраэдрит (52,3), энаргит (48,3), куприт (88,8), тенорит (79,8), малахит (57,7), азурит (55,3), хризоколла (36,1), брошантит (56,2), атакамит (59,5). Мысты құмтас кен орындарында мыстың мөлшері көп болады. Қазақстанда бұл кен типтері басты орында (мысалы, Жезқазған кен орны). Минералдық және химиялық құрамдарына байланысты мыс кендерінің технологиялық сорттары сульфидтік, тотыққан,

аралас болып ажыратылады. Сонымен қатар мыс кендері сеппелі-тарамшалы болып бөлінеді. Қазақстанда мыс кендерінің ірі кен орындарына Жезқазған, Қоңырат, Ақтоғай, Жаманайбат, т.б. жатады.

1.3 Мыстың кендері

Мыс кендері негізінен шет мемлекеттерде АҚШ-та Жоғары Көлдер аймағында (Мичиган штатында), Африкада (Родезия), ал ТМД елдерінде Уралда (Орта Уралда), Қазақстанда (Қоңырат, Жезқазған, Ақбастау), Өзбекстандағы Алмалықта орналасқан.

Қазақстанда мыс кендерінің бай қорлары бар. Дүние жүзінде мыс өндіру жағынан жетінші орынды алады. Мысты құмтастардың ең ірі кен орны Жезқазған, дүние жүзінде екінші орында. Мысты кен орындарының ірілері Қоңырат, Бозшакөл.

Бозшакөл мыс кен орны. Р.А.Борукаев 1930 жылы ашқан болатын. Павлодар қаласынан оңтүстік-батыста 125 км шақырым жерде орналасқан мысты порфир типті ірі кен орны болып табылады. Кен минералдары – пирит, халькопирит, молибденит, магнетит, олар жыныстарда сеппе түрінде таралған. Кен құрамында мыс, молибден, алтын, күміс, рений, кобальт, т.б. кіреді. Кентастағы металл мөлшері қоры мол, ашық әдіспен алуға қолайлы болып табылады.

1.4 Ерітіндіден мысты бөліп алу әдістері

“ Шаймалау – экстракция - электролиз ” технологиясы

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

Мысты гидрометаллургиялық әдіспен алудың негізгі мәселелері:

- 1) металды тотыққан және аралас кендерден алу;
- 2) металды қалдықты және кен суларынан алу;
- 3) басқа әдістердің экономикалық көрсеткіштері бойынша өндеуге келмейтін кедей кендерден металды бөліп алу болып табылады.

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

минералдарының құрылымы мен химиялық қасиеттерімен анықталады. Кендегі металдың үлесіне, минералдардың физика-химиялық қасиеттеріне, кен орнының қуаттылығына, тау-геологиялық және климаттық жағдайларға байланысты мыс кендері мен оның концентраттарын өңдеудің гидрометаллургиялық тәсілдері агитациялық, чандық, перколяциялық, жер асты және үймелі шаймалау арқылы жүргізіледі. Үймелі шаймалау циклінің ұзақтығы төгінділерге қарағанда, айтарлықтай жоғары. Сульфидтерді шаймалау кезінде үйменің аэрациясын қолданады, сонымен қатар, минералдардың еру жылдамдығын арттыру үшін бактериялар қолданылады. Әдетте, зертхана жағдайында шаймалау процесін модельдеуге болады, олар, ереже бойынша, объект жобалық көрсеткіштерге шыққанға дейін жүргізілу керек. Мысал ретінде Quebreda Blanca, Cerro Colorado және Girilambone кәсіпорындарын келтіруге болады. Үймелі шаймалау әдісімен кедей кендерді өңдеу тиімді, себебі байыту әдістері экономикалық жағынан қымбат болатын ескі және жаңа кен қазбаларының қалдықтарын өңдеуге мүмкіндік береді. Жер асты шаймалау кезінде еріткіш дренаж үшін кен қабаты арқылы минералдандырудың зонасына не бетіне айдалады, немесе құйылады. Құрастырмалы құдықтар өнімді ерітінділерді жинауға және көтеруге арналған сорғылармен жабдықталады. Мұндай өндіру әдісімен металды бөліп алуды, көп жағдайда, анықтау мүмкін емес. Бірақ үймелі шаймалаудан, тіпті, төгінділер шаймалауынан да, әлдеқайда, төмен болатынын күтуге болады. Жер астында ерітінділердің орын ауыстыруын қадағалау үлкен қиындық туғызады. Мысал ретінде El Teniente, ВНР Магма кәсіпорындарын келтіруге болады. Перколяциялық шаймалау еріткіш дренажымен жүргізіледі, жарылыс нәтижесінде кен қабатына айдалады немесе құйылады. Құрастырмалы құдықтар, жер асты шаймалауы сияқты, орнында шаймалау кезінде де, өнімді ерітінділерді жинауға және көтеруге арналған сорғылармен жабдықталады. Мұндай өндіру әдісімен металды бөліп алуды, көп жағдайда, анықтау мүмкін емес; үймелі және төгінділер шаймалауларынан төмен, бірақ жер асты шаймалауынан жоғары болатынын күтуге болады. Ерітінділердің жер астында орын ауыстыруын қадағалау жеткіліксіз, бірақ жер асты шаймалауға қарағанда жоғары. Мысал ретінде, Asarco Silver Bell, Gunpowder Copper and Myanmar Ivanhoe Copper Company кәсіпорындарын келтіруге болады. Кендердің немесе концентраттардың агитациондық шаймалануы агитаторларда жүргізіледі, кейіннен, таза ерітінді алу үшін қатты мен сұйықтың бөліну операциясы жүреді. Бұл әдістің қолданысы, әдетте, байыту процестерінің 16 экономикалық көрсеткіштерімен шектеліп қалады, себебі ұнтақтау процесі қымбат тұрады. Чандық шаймалауға ұсақталған кен ұшырайды. Әдетте, мұндай әдісті еру процесінің жоғары жылдамдығы кезінде және құрамында бөлінетін металдың жоғары мөлшері бар, тотыққан кен үшін қолданады. Өнім ерітінділері құрамында үймелі шаймалау кезіне қарағанда, металл көбірек; ол процестің жоғары жылдамдығымен және шаймаланатын материалдардағы металдың жоғары мөлшерімен қамтамасыз етіледі. Қысыммен шаймалау – жаңа технология, оның көп бөлігі әлі зерттелу үстінде. Ол жоғары сапалы кендер

мен концентраттар үшін қолданылады. Мысалы, Albion Process, CESL Process, Mt. Gordon Process және Phelps Dodge Process. Өнімді ерітінділер сапа жағынан, басқа процестерге қарағанда, жақсырақ [7]. Қазіргі кезде құрамында 0,3 - 0,4 пайыз Cu бар төмен сұрыпты кендерден мысты химиялық шаймалаумен қатар бактериялық шаймалау да қолданылып жатыр. Құрамында 0,2 - 1,5 пайыз мыс бар сульфидті және аралас кендерді үйінділік бактериялық шаймалау шетелде 10 - нан астам кәсіпорындарда, негізінен АҚШ пен Чилиде, Австралияда, Африкада кеңінен таралған. Осы шаймалау әдісімен бұл елдерде уран, алтын, күміс алынады. Қорғасынды, мырышты, вольфрамды, және тағы басқа металдарды шаймалайтын әдістер патенттелген. Бұл елдерде осы әдістермен алынған өнімді ерітіндіні әрі қарай SX-EW (сұрыптап экстракциялау және электролиз) технологиясымен өңдеу қабылданған. Кедей кендерді осы технологиямен өңдеудің экономикалық және экологиялық жағынан тиімді болуымен қатар, оның артықшылығы - соңғы алынатын металдың тазалығы 99,999 - 99,9995 пайызға жетеді . “Шаймалау – экстракция - электролиз” технологиясы бойынша процестің бірінші сатысында аралас кенді күкіртті қышқылмен шаймалау жүргізіледі. Бұл үшін қышқылды кеннен үйінді жасалады, ұсақтылығы әр түрлі кендерден шамамен 5 - 6 м. Одан соң шаймалаудан алынған сұйықтық экстракцияға жіберіледі. Алынған органикалық фаза реэкстракцияға жіберіледі, содан кейін регенерация жасалады да қайтадан экстракцияға жіберіледі, ал реэкстракциядан алынған сулы фаза электролизге жіберіледі. Өндірістік практикаға экстракция процесін енгізу үшін зерттеу кезінде әдетте таралу коэффициентіне әсер ететін факторларды қарастырады [8].

Барлық таралу коэффициентіне әсер ететін факторларды зерттей келе, мыналарды бөліп көрсетуге болады:

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

Сульфатты - аммонийлі шаймалау механизмі

Техногенді өңдеу технологияларын қолдану тәжірибесін қорытындылау бойынша тотыққан және аралас мыс кенорындарының кендері бай мыс шикізат базасының сарқылу жағдайында өңдеуге тартылады. Шаймалау кезінде мыс минералдарының еру жылдамдығы реакция өнімдерінің диффузия жылдамдығымен қатты және сұйық фазалардың жанасу бетінің ауданымен анықталады. Сондықтан ол сұйық фазадағы еріткіш концентрациясының жоғарылауымен; температура: пульпаның араласуы; бөлшектердің мөлшерінің азаюымен; сұйық фазада ерітін минералдардың бетін пассивті қосылыстардың болмауымен артады. Коагуляция және

флокуляция арқылы бөлшектердің бетінің азаюы, саз шламдарының қатысуымен целлюлозаның тұтқырлығын арттыру, бұл иондар мен молекулалардың диффузия жылдамдығының төмендеуіне, мысты шаймалау жылдамдығының баяулауына әкеледі.

Шетелде шикізатпен қатар құрамында мыс бар шикізатты өндеудің геотехнологиялық схемалары кеңінен қолданылады. Мұндай технологиялар АҚШ-тың көптеген тау-кен кәсіпорындарында қолданылады ("Бингем каньоны". "Силвер Белл", "Блюберд", "Майами" және т. б.), Мексика ("Кананеа"), Испания ("Рио Тинто"), Болгария ("Влайхов Врах"), Португалия, Родезия және т. б. 70-ші жылдары АҚШ-та, Замбияда мыстың жалпы өндірісінің 20 % - на дейін, Чили, Боливия, Венесуэла, Перу, Португалия, Испания геотехнологиялық әдістермен қамтамасыз етілді. Қазіргі уақытта үйінділерді шаймалау арқылы мыс алу және экстракциялық технология (SX/EW технологиясы) оның әлемдік өндірісінің жалпы көлемінде 20 % - ға дейін құрайды.

Көптеген қоқыстарда кеннің жұқа бөлігі мыспен және кейде ілеспе металдармен (молибден, алтын, күміс) байытылатындықтан, мұндай үйінділерді өңдеу үшін материалды өрескел және жұқа фракцияларға бөлген жөн: үйінді шаймалауға ұшырайды, жұқа – ілеспе металдарды алуға мүмкіндік беретін флотация. Ұсақ заттарды бөліп алғаннан кейін шаймалау процесі ерітінділер мен ауа айналымы үшін кен өткізгіштігінің жақсаруына, бактериялардың белсенділенуіне, қышқылдың түзілу процестерінің жеделдеуіне, күрделі темір тұздарының түзілуіне және қалған мыс сульфидтерінің тотығу жылдамдығының артуына байланысты тиімді жүреді.

"Инспирешн" байыту фабрикасында құрамында 0,3 % тотыққан және 0,4 % сульфидті мыс бар аралас кендер алдын ала жуылып, кейіннен құм және шлам фракцияларын бөлек өңдейді. Құм фракциясы шаймалау қалдықтарынан сульфидтерді шаймалаудан және флотациядан, шлам – сульфидті флотациядан кейін флотация қалдықтарынан тотыққан мысты шаймалаудан өтеді. Құрамында 0,4-1,6 % мыс бар кендерден, оларды технологиялық сұрыптар бойынша өңдеу кезінде фабрикаларда 80 - 92 % мыс алынады.

Баланстан тыс кендерді, төмен сұрыпты тотыққан кендерді, байытылуы қиын аралас кендерді және қайталама сульфидті кендерді (халькопирит үлесі 20 % - дан аспайтын) кейіннен экстракциямен және электролизбен қайта өңдей отырып, үймелеп және үйіп шаймалау бүгінгі күні мыс алудың жақсы пайдаланылған, берік орнатылған, барынша аз шығынды тәсілі болып табылады. CODELCO компаниясының Radomiro Tomic (Чили) кеніші үймелеп шаймалау әдісімен мыс өндіруде бірінші орында (2014 жылы үш жүз жиырма жеті мың тонна), одан кейін BHP Billiton компаниясының Escondida (Чили) және Spence зауыттары. 2014 жылы HL-SX-EW технологиясын қолдану есебінен 50 ірі кен орындарында шамамен 3 млн т мыс алынды.

Қолданылатын параметрлерді талдау тәжірибеде мысты бөліп алудың физикалық-химиялық әдістерін көрсетеді, ең көп зерттелген және игерілгені күкірт қышқылы болып табылады, сапасы төмен мыс құрамды шикізаттан

мысты шаймалау және сульфидті тотыққан мыс кендерін өңдеудің құрама схемалары, қышқылмен шаймалау, флотация, цементтеу процестерін біріктіру, экстракция, электролиз.

Тасқора кен орнының аралас кендер үйіндісі қышқылда еритін минералды формалардағы мыстың жоғары үлесіне қарамастан, құрамында тау жыныстарын құрайтын карбонаттар, гипс, саз - слюда минералдары көп болғандықтан, күкірт қышқылын шаймалау үшін қолайсыз объект болып табылады. Алдыңғы зерттеулер құрамында мыс мөлшері 0,81 % аралас рудалар үлгісінде мыс мөлшері 0,64 - 0,65 % сульфидті флотациялық қалдықтарды күкірт қышқылымен шаймалау 2 - 4 сағат ішінде, құрамында 60 – 90 % пульпадағы қатты заттар 60 - 80 г/дм³ жоғары бастапқы қышқыл концентрациясында 84,5 – 85,2 % мысты ерітіндіге алуға мүмкіндік береді. Қышқылдың үлкен шығыны және ұзақ уақыт шаймалау осындай технологияны іске асырудың жоғары капиталды және операциялық шығындарын тудырады, бұл әр түрлі тотығу дәрежесі бар мыс минералдарының жаңа үнемді, экологиялық қолайлы және таңдаулы еріткіштерін іздеуді алдын-ала анықтады.

Құрамында мыс бар минералды еріткішке қойылатын негізгі талаптар-ерітіндіге мыстың жоғары селективті шығарылуы, ерімейтін шөгінділермен минималды әрекеттесу, реагенттің қол жетімділігі және төмен бағасы. Қолайлы еріткіштерді анықтаудағы қиындық минералды еріту кезінде пайда болатын физикалық және химиялық процестердің әртүрлілігі мен ерекшелігіне байланысты. Мыс гидрометаллургиясында күкірт қышқылына қарағанда аз зерттелген болса да, мыспен еритін күрделі қосылыстар түзетін аммиак пен аммоний тұздары шаймалағыш реагенттер ретінде танылады.

Жоғарыда көрсетілгендей, аммиак ерітінділерімен шаймалау, оның күкірт қышқылынан артықшылығына қарамастан, өзінің шектеулеріне ие, ал аммиак процесі қымбат, экономикалық тұрғыдан негізделген. Құрамында карбонатты жынысы бар тотыққан және аралас кендерден мыс алу үшін табиғи мыс, аз мөлшерде байланысқан мыс бар кендерден аммиак карбонаты ($\text{NH}_4\text{OH}+(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$) және аммиак-сульфатын ($\text{NH}_4\text{OH}+(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$) шаймалау үшін қолданылады. Аммиак ерітінділерінің тұрақтылығын арттырады және мыс алу деңгейіне оң әсер етеді, өйткені мыс аммиактары гидролизге бейім және олардың ерітінділерінің тұрақтылығын жоғарылатады аммоний сульфаты буферлік реагент ретінде болуы қажет. Аммиак пен аммоний тұзын (сульфат немесе карбонат) қолданған кезде шаймалаудың тиімділігі едәуір артады, өйткені аммоний сульфаты аммиактың тепе-теңдік концентрациясын көбейтіп қана қоймайды, сонымен бірге мысты тікелей ерітеді.

Шаймалау кезінде түзілетін $\text{Cu}(\text{II})$ тетрааммиакаттары күрделі қосылыстар болып табылады, оларда лигандтардың қызметін аммиак молекулалары атқарады NH_3 . Аммиак молекулаларының комплексті түзушімен химиялық байланысы азот атомы арқылы орнатылады, ол электрондардың жалғыз жұбының доноры ретінде қызмет етеді.

Аммиакты шаймалау бастапқыда тотыққан кендерден, құрамында мыс

бар кендерден мыс алу үшін жасалынған және қолданылған, бірақ кейінірек сульфидті кендерді, сульфидті концентраттар мен өнеркәсіптік өнімдерді өңдеу үшін жиі қолданыла бастады. Сульфидті минералдардың шаймалануы әдетте 1 - 20 атм қысымда оттегінің қатысуымен, температура 110 - 200 °С шегінде жүреді. Ерітілген металдар ерітіндіде тұрақты аммиак кешендері түрінде болады, ал сульфидті күкірт сульфат иондарына дейін тотығады.

Жоғарыда келтірілген мәліметтерге сәйкес аммиак-аммонийді шаймалау жүйелерінің құрамындағы аммоний сульфаты мыс катиондарымен еритін мыс-аммоний комплексті қосылыстар түзуге қабілетті комплекс түзуші болып табылады. Сонымен қатар, бұл ең ыңғайлы, экологиялық таза, қол жетімді және үнемді реагент, сондықтан аралас мыс кенінің құрамындағы тотыққан мыс минералдарының еріткіші ретінде қарастырылды. Зерттеу барысында аммоний сульфатын флотация алдында кенді ұнтақтау процесіне тікелей беру идеясы ұсынылды, өйткені бір жағынан бұл өндеудің технологиялық схемасын және оның аппаратурасын жобалауды айтарлықтай жеңілдетеді, ал екінші жағынан, ығысу күші мен ұнтақтау процесінде болатын целлюлоза температурасының жоғарылауы жағдайында бұл аммоний сульфатымен тотыққан мыс минералдарының еруінің күшеюіне ықпал етеді.

Аммоний сульфаты $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 20 °С кезінде 75,4 г/100 мл H_2O дейін ерігіштігімен және кристаллогидраттар түзілмеуінен суда жақсы еритін қосылыстар болып табылады. Су ортасында ұнтақтау процесінде температура 40 °С-тан жоғары көтерілгенде аммоний сульфаты, катион бойынша гидролиз реакциясы $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ және H_2SO_4 өнімдерін түзеді:



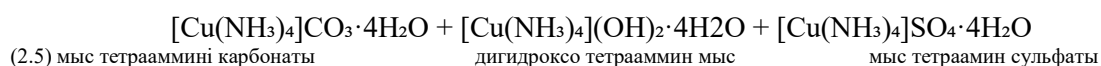
Аммоний сульфатын рудамен сулы ортада ұнтақтау процесінде өзара әрекеттесетін компоненттердің механотермиялық белсенділігі жүреді, ал түзілген күкірт қышқылы мыс (II) катиондарының $\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$ малахитінің кристалды торынан суда еритін мыс сульфаты түріндегі ерітіндіге реакция арқылы өтуіне ықпал етеді:



Бұл процесті малахитті шаймалаудың бірінші кезеңіне жатқызамыз. Күкірт қышқылы реакцияның тепе-теңдігін оңға ауыстырады және ерітіндідегі Cu^{2+} катиондарының концентрациясы CuSO_4 шаймалаудың 1 - ші сатысында пайда болуына байланысты артады.

Шаймалаудың екінші кезеңінде малахит CuSO_4 мыс сульфатының қатысуымен бірполярлы $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ артық әрекеттесіп, реакция бойынша карбонат, гидроксид және сульфат түрінде тұрақты сыртқы анион сферасы бар суда еритін катионды тетра-аква мыс (II) аммиактарын түзеді:





Аммоний сульфатымен кенді ұнтақтау кезінде өнімді ерітінділердің күлгін-көк бояуының пайда болуы Н. Гринвуд пен А. Эрншоның шығармаларына сәйкес, күлгін-көк түсте 0,9 м $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ерітіндісінен тетрааминдерді қайта кристалдандыру нәтижесінде пайда болатын мыс пентааммиакаттары бар. Алайда, Ян-Теллер эффекті әсерінен бесінші NH_3 молекуласы оңай жоғалады, бұл мыс пентааммоний кешендерінің тетрааммоний кешендерімен салыстырғанда тұрақсыздығымен түсіндіріледі.

Осылайша, негізделген механизмге сәйкес, аралас мыс рудасын аммоний сульфатымен шаймалау кезінде тотыққан мыс минералдары мыстың суда еритін тетра аквааммиак түріндегі ерітіндіге ауысуымен ерітіледі.

2 Тәжірибелік бөлім

2.1 Зерттеуде қолданылатын реагенттер мен жабдықтар

Аммиакты ерітінділерден мысты селективті бөліп алу зерттеулерін жүргізу келесідей материалдар мен әдістемелерді пайдаланумен жүргізілді.

- 1) Зертханалық экстрактор;
- 2) Араластырушы қондырғы;
- 3) Иономер И-150;
- 4) Автоматты титратор;
- 5) Аналитикалық таразы;
- 6) Техникалық таразы;
- 7) Аммиак ерітіндісі;
- 8) Мысқұрамды кен;
- 9) Экстрагенттер;
- 10) Экстрагент еріткіші

Аммиакты ерітінділерден мысты бөліп алу бойынша зертханалық зерттеулер Когнис компаниясы жасап шығарған LIX84-I, LIX® 984N коммерциялық экстрагенттерін пайдаланумен жүргізілді. LIX84-I белсенді заты 2 - гидроксид 5 - нонилацетофенон оксиді болып табылады. LIX®984N - бұл оксиднің қоспасы: 5 нонилсалицилальдоксид және 2 - гидроксид 5 - оксид нонилацетофенон. LIX 54 - 100 дикетон түріндегі экстрагенттің белсенді заты 1 - фенил декан - 1,3 - дион болып табылады.

Еріткіш ретінде Эскайд® 100 (ExxonMobil Chemical қолданылды. Таңдалған еріткіштер хош иісті қосылыстардың құрамымен ерекшеленеді, олар сәйкесінше 19, 0,5 және 100 % құрайды. Экстракция модификаторлары қолданылған жоқ.

2.2 Мысты ерітіндіде анықтау әдістемесі

Электролиттегі купризонмен мысты анықтаудың фотометриялық әдісі. Тамшуырман электролиттің 50 см³ ерітіндісі алынады және сыйымдылығы 100 см³ өлшегіш колбаға салынады; аммоний лимонқышқылының 10 см³ ерітіндісі, фенолфталеин ерітіндісінің 2 тамшысы және сәл қызғылт түс алғанға дейін 1:4 сұйылтылған аммиак ерітіндісі қосылады. Содан кейін 1: 4, 10 см³ купризонмен сұйылтылған 1 см³ аммиак ерітіндісін қосып, белгіге су қосып, араластырыңыз. Ерітіндінің рН мәні 8,5 - 9,0 болуы керек ерітіндінің рН көрсеткіші қағазымен тексеріледі. Ерітіндінің оптикалық тығыздығы 5-30 минуттан кейін 600 нм толқын ұзындығымен қабаттың қалыңдығы 30 мм болатын кюветте өлшенеді. Бір уақытта қолданылатын барлық реактивтермен екі бақылау тәжірибесі жүргізіледі. Бақылау тәжірибесінің оптикалық тығыздығының орташа мәні талданатын ерітіндінің оптикалық

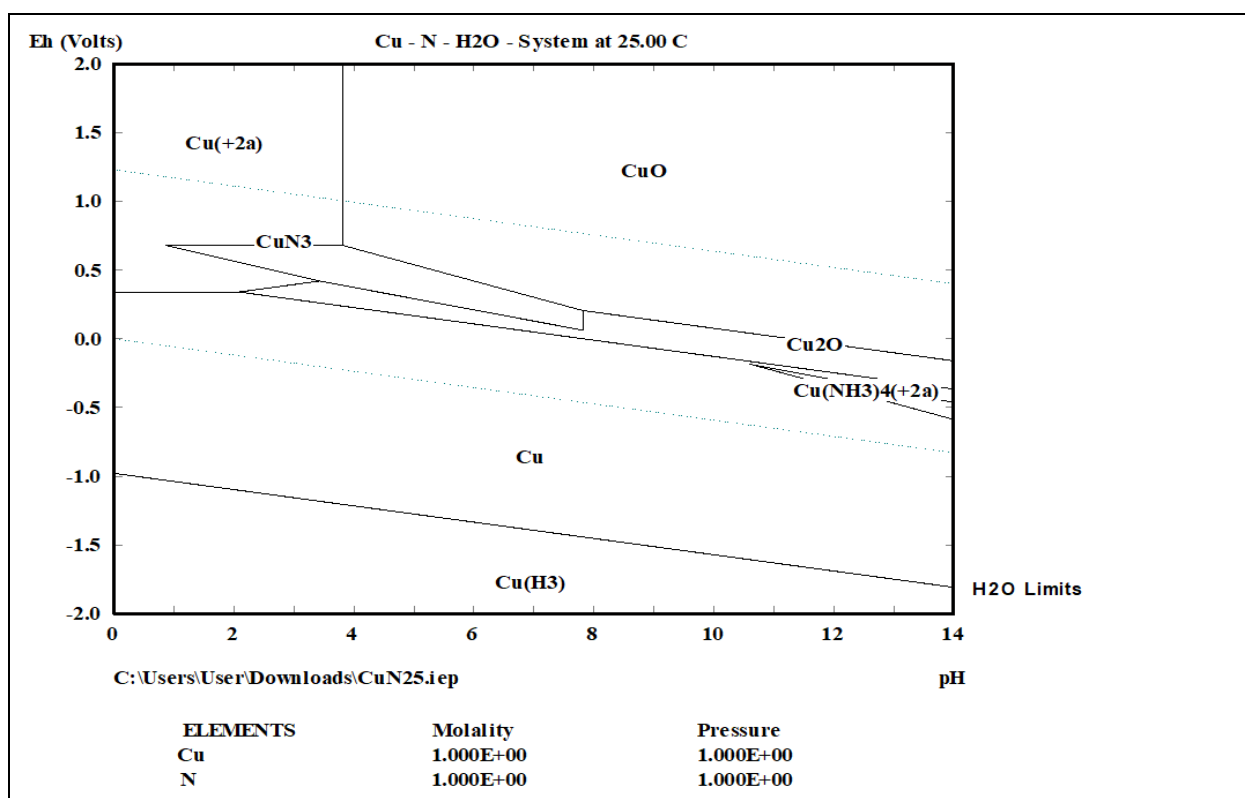
тығыздығының шамасынан алынады.

Баланстан шығарылған мыстың кен қалдығынан шаймалану дәрежесіне қышқыл концентрациясының, температураның, сұйық және қатты фазалары қатынастарының, шаймалау ұзақтығының әсері қарастырылған болатын. Титрлеу әдісімен мыс анықталады. Мыстың анықталу әдістемесі: 5 мл аликвота сынамадан алынады, 100 мл конусты колбаға құйылып, дистелденген 50 мл сумен араластырылатын болады. Калий йодидінің 1 г (KI) кристалдары салынып, ерітінді ақшыл сары түске өзгереді. Осы ерітінді 0,1 N $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$ ерітіндісімен ақшылсары түске айналғанша титрлеп ерітіндіде мыс тексеріледі. Крахмал ерітіндісінен 1 - 2 тамшы колбаға тамызып алынады. Егер ерітінді көк түске боялса, оны $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$ ерітіндісімен титрлеу керек. Жұмыстың аяғында титрлеуге кеткен $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$ ерітіндінің көлемі алынатын болады.

2.3 Термодинамикалық талдау

Мысқұрамды кендерді аммиакты ерітінділермен шаймалау кезінде мыстың сипаттамасын білу үшін мыс-аммиак-су жүйесіне Оутокумпу Оу фирмасының Chemistry 5 компьютерлық бағдарламасымен термодинамикалық талдау жүргізілді.

«Cu-N-H₂O» жүйесінің Пурбэ диаграммасы 2.1- суретте келтірілген.



2.1 Сурет – «Cu – N– H₂O» Пурбэ диаграммасы

Пурбэ диаграммасы бойынша Cu–N–H₂O жүйесінде 5 конденсацияланған және 2 иондық фаза бар. Конденсацияланған фазаға: CuO, Cu₂O, Cu, CuN₃, Cu(NH₃) жатады. Иондық фазаға: Cu(+2a), Cu(NH₃)₄(+2a) жатады.

CuO Eh 0.0 – ден 2.0 – ге дейін, рН 3.9 – дан 14 - ке дейін, әлсіз қышқыл, әлсіз сілті, күшті сілті ортада алуға болады.

Cu₂O Eh - 0.4–тен 0.4–ке дейін, рН 2.4–тен 14–ке дейін, күшті қышқыл, әлсіз қышқыл, әлсіз сілті, күшті сілті ортада алуға болады.

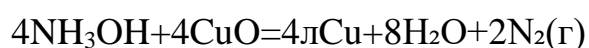
Cu Eh -1.6–дан 0.4–ке дейін, рН 0.4–ке дейін, рН 0.0–ден 14– ке дейін, барлық ортада алуға болады.

CuN₃ - Eh -0.0–ден 0.6–ке дейін, рН 1 ден 8–ге дейін, әлсіз қышқыл, әлсіз сілті.

Cu(NH₃) - Eh -2.0–ден -1.0 ге дейін, рН 0–ден 14–ке дейін, барлық ортада алуға болады.

Cu(+2a) – Eh 0.4–тен 2.0 ге дейін, рН 0–ден 4–ке дейін, күшті қышқыл, әлсіз қышқыл.

Cu(NH₃)₄(+2a) – Eh –0.9–дан 0.0–ге дейін, рН 10,9–дан 14–ке дейін, күшті сілті.



2.1 Кесте – «Cu – N– H₂O»

T, C	ΔH, кДж	ΔS, кДж	ΔG, кДж	K	lg (K)
20	-81.299	16.19	-85.722	3.91E+68	68.593
50	-73.621	44.154	-87.889	2.79E+59	59.446
100	-73.169	45.455	-90.131	6.21E+52	52.793
150	-72.703	46.626	-92.433	5.55E+47	47.744
200	-72.115	47.935	-94.796	6.17E+43	43.79
250	-71.267	49.632	-97.233	4.20E+40	40.623
300	-69.89	52.137	-99.772	1.12E+38	38.048
350	-67.399	56.291	-102.477	8.78E+35	35.943
400	-64.61	60.596	-105.4	1.67E+34	34.223

2.1 Кесте – «Cu – N– H₂O» жалгасы

T, C	ΔH , кДж	ΔS , кДж	ΔG , кДж	K	lg (K)
-64.61	-61.831	64.579	-108.531	6.35E+32	32.803
500	-59.058	68.286	-111.853	4.18E+31	31.621
NH ₄ OH		Экстраполяцияланған		398	K
H ₂ O		Экстраполяцияланған		610	K
Формула	Г	Г	МОЛЬ	Г	Л, МЛ
NH ₄ OH	35.046	22.703	2	70.091	0
CuO	79.545	77.297	3	238.636	37.819
Cu	63.546	61.75	3	190.638	21.277
H ₂ O	18.015	29.177	5	90.076	98.229
N ₂ (г)	28.013	9.074	1	28.013	22.414

20-100 °C аралығында Гиббс энергиясы - 85.722 мен -111.853 кДж дейін төмендейді, бұл жағдайда реакция өздігінен солдан оңға қарай жүруі мүмкін.

2.4 Мыс – аммиак ерітінділерінен мысты экстракциямен бөліп алу процестерін зерттеу

Аммиакты ерітіндіден мысты бөліп алуға экстрагент түрінің әсерін зерттеу

Мысты ерітінділерден селективті бөліп алу үшін экстрагенттерді таңдау өте маңызды саты бойып табылады. Кәзіргі кезде өндірістік нарықта экстрагенттердің сан түрлері ұсынылуда. Негізі мыс өндірісінде қолданылатын экстрагенттерге құрамында оксим тобы бар экстрагенттер жатады.

Экстракция процесіне көп факторлар әсер етеді, атап шыққанда экстрагент түрі, экстрагенттің концентрациясы, органикалық және сулы фазалардың қатынасы, араластыру, тұндыру уақыттары, температураға. Металлургиялық өңдеу кезінде шаймалаушы реагенттің түріне және кеннің құрамына байланысты құрамы әр-түрлі ерітінділер алынады. Әдетте әрбір

шаймалау сатысында мыспен бірге өнімді ерітіндіге темір, алюминий, сілтілік, сілтілік жер металдардың иондары өтеді. Соның ішінде мысты селективті бөліп алу үшін ең зиянды қоспалар болып қасиеті жағынан мысқа ұқсас металдар табылады.

Аммиакты шаймалау гидрometаллургияда оксидті және сульфидті кендерді, концентраттарды немесе жанама өнімдерді, әсіресе құрамында қышқылдық шаймалау кезінде қышқылды тұтынудың артуына ықпал ететін карбонатты жыныстардың едәуір мөлшері бар өнімдерді өңдеу үшін жиі қолданылады. Аммиак және оның тұздары (карбонат немесе сульфат) өте тиімді және таңдамалы шаймалау агенттері болып табылады. Көптеген асыл металдар, Cu, Ni, Zn және т.б. аммиакты ерітіндіде түзетін аммиакты кешендерінің жоғары тұрақтылыққа ие. Құрамында мыс-темір және темір минералдары (халькопирит, борнит, пирит, пиротит) бар материалдарда аммиакты шаймалау оның селективтілігіне байланысты пайдалы болуы мүмкін.

Сульфидті мыс концентраттарын аммиакты шаймалау аммиактың артық болуына және шаймалаушы агент ретінде аммиак сульфатының едәуір мөлшеріне байланысты буферлік типтегі ерітінділерді (рН 9-дан 10-ға дейін) түзеді. Cu, Ni, Co және Zn сияқты металдар аммиак жүйесінде катионды амминакомплекс ретінде кездеседі. Ерітіндінің сілтілігі және бос аммиак концентрациясы экстракция процесіне әсер етеді.

Мысқұрамды ерітіндіні аммиак ерітінділерімен шаймалау реакциясын келесідей жазуға болады:



Экстракция кезінде аммиак лигандтары ығыстырылып, органикалық фазада гидроксидпен жаңа хелатты кешені төмендегі реакция бойынша түзіледі:



Аммиак ерітінділерінен мыс катиондарын (II) экстрагентпен бөліп алу қышқыл ерітінділердегі сияқты жүреді, бірақ металдың (M) аммиак лигандтары арқылы комплексті түзілуін ескеру қажет.

Аммиак ерітінділерінен металдарды бөліп алу қышқыл ортамен салыстырғанда басқаша, күрделі жүреді.

Гидроксидпен экстрагентпен еріткіштің түрі және органикалық фазадағы металдың мөлшері де аммиак экстракциясына айтарлықтай ықпал етеді. Құрамында аммиак бар органикалық фазаның электролитпен жанасуы кезінде, яғни электролиздік бөлікке бағытталған ерітінділерде аммоний сульфатының (карбонат немесе хлорид) түзілуіне әкелуі мүмкін. Аммоний тұздарының кристалдануынан экстракция бөліміне жөнелтілетін ерітінді

бірнеше рет тазарту үшін қайта өңдеуден өтуі керек болады. Бұл аммиакты ерітінділерінен металдарды экстракциямен бөліп алудың негізгі кемшілігі болып табылады. Ол технологиялық процесті тежеп, яғни баяулатып, оның экономикасына кері әсерін тигізеді.

Көп компонентті ерітінділер жағдайында металдарды бөліп алу екі сұлбамен жүргізілуі мүмкін.

Біріншісі – селективті реагенттермен металдарды жеке - жеке, тікелей экстракциямен бөліп алу, содан кейін реэкстракция процесін жүргізу.

Екіншісі – аммиакты ерітіндіден металдарды бірге экстракциямен бөліп алу, содан кейін селективті, яғни металдарды біртіндеп реэкстракция жүргізу. Көбінесе екінші әдіс үнемді болып көрінеді, себебі экстракцияның бірінші әдісімен салыстырғанда ол аз сатыларды қажет етеді. Көптеген металл жұптары үшін жекелеп экстракциямен бөліп алу (селективті аршу) тұжырымдамасы қолданылды.

Дипломдық жұмыста аммонийлі ерітіндіден металдарды экстракциямен бөліп алуды зерттеу мысқұрамды карбонатты кенді аммиакты шаймалау кезінде пайда болған өнімді ерітінді негізгі зерттеу объектісі болып табылды.

Жоспарланған зерттеулер Cognis өнеркәсібі өндіретін, қазіргі кезде кеңінен таралған коммерциялық экстрагенттерді қолданумен жүргізілді, атап айтқанда LIX 984N (А экстрагенті) және LIX 84 (Б экстрагенті). Көмірсутекті еріткіштердегі органикалық ерітінділер ретінде дайындалған таңдалған реагенттердің экстракциялық қасиеттері зерттелді және салыстырылды. Органикалық фазадағы экстрагент концентрациясының экстракция тиімділігі мен аммиакты тасымалдауға әсері зерттелді.

Мысқұрамды кенді аммиак/аммоний сульфаты ерітіндісімен шаймалау нәтижесінде құрамында, г/дм³: Cu 6 г/м³, Fe 5.6 және т.б. түсті металдар бар ерітінді алынды. Ерітіндінің тепе-теңдік рН мәні 9,6 болды.

Экстрагенттердің сұйылтқышы-еріткіші ретінде Exxon Mobil Chemical компаниясы өндіретін Escaid100 қолданылды.

Escaid100 еріткіші құрамы 95 пайыз алифатты көмірсутектерден тұратын сұйылтқышта жатады және металлургия өнеркәсіптерінде өте көп қолданылады.

Органикалық фазадағы экстрагенттердің концентрациясы жоғарыда атап көрсеткендей, металды бөліп алу дәрежесіне қатты ықпалын тигізеді және зерттеулерімізде 10 % тең болды.

Мысты аммиакты ерітіндіден бөліп алуға экстрагент түрінің әсерін зерттеу

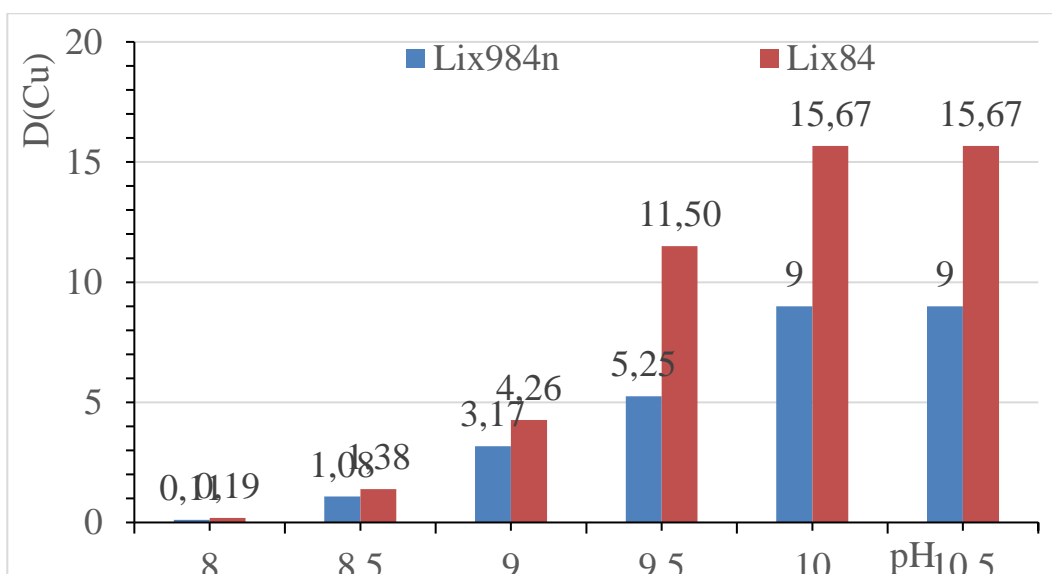
Органикалық фазадағы еріткіш түрінің әсерін зерттеу үшін келесі тәжірибелер жүргізілді: Escaid 100 және техникалық керосинде ерітілген 12 % А - ЭКСТРАГЕНТІ және Б - ЭКСТРАГЕНТІ. Экстрагенттердің концентрациясы 12 % тең болды. Алынған нәтижелер 2.2 - Кестеде келтірілген.

2.2 Кесте – Экстрагенттермен мысты аммонийлі ортадан бөліп алу нәтижелері

pH	Cu aq, g/l	Cu org g/L	E	D	Cu aq, g/l	Cu org g/L	E	D
	LIX-984				LIX-84			
8.0	5.4	0.6	10	0.11	5.04	0.96	16	0.19
8.5	2.88	3.12	52	1.08	2.52	3.48	58	1.38
9.0	1.44	4.56	76	3.17	1.14	4.86	81	4.26
9.5	0.96	5.04	84	5.25	0.48	5.52	92	11.50
10.0	0.6	5.4	90	9.00	0.36	5.64	94	15.67
10.5	0.6	5.4	90	9.00	0.36	5.64	94	15.67

Кестедегі нәтижелерді қорытындылай келе, мыс иондарын А- және Б-экстрагенттерімен жоғары деңгейде бөліп алу мүмкіндігі бар екендігін айтуға болады. Ерітіндінің тепе-теңдіктік қышқылыдық рН мәні 8,0 ден 10,5 артқан сайын экстракция дәрежесі А - ЭКСТРАГЕНТІ жағдайында 10 %-дан 90 %-ға артады, ал Б - ЭКСТРАГЕНТІ экстрагенті үшін 16 -дан 94 -ға артады. Бұл екі экстрагентпен де мысты рН мәні артқан сайын жоғары дәрежеде бөліп алу мүмкіндігін көрсетеді. Дегенмен, Б - ЭКСТРАГЕНТІ А - ЭКСТРАГЕНТІМЕН салыстырғанда рН 8-10,5 аралығында жоғары дәрежеде мысты бөліп алатындығы, ал максималды мысты экстракциялау нәтижесі рН 10 кезінде 94 % жететіндігі анықталды.

Эксперимент нәтижелері бойынша рН барлық мәнінде мыстың органикалық және сулы фазаларындағы таралу коэффициенттері есептелді. Табылған мәндер бойынша D-рН тәуелділік графигі тұрғызылды және төменде берілген (2.2 - Сурет).



2.2 Сурет – D-pH тәуелділік графигі

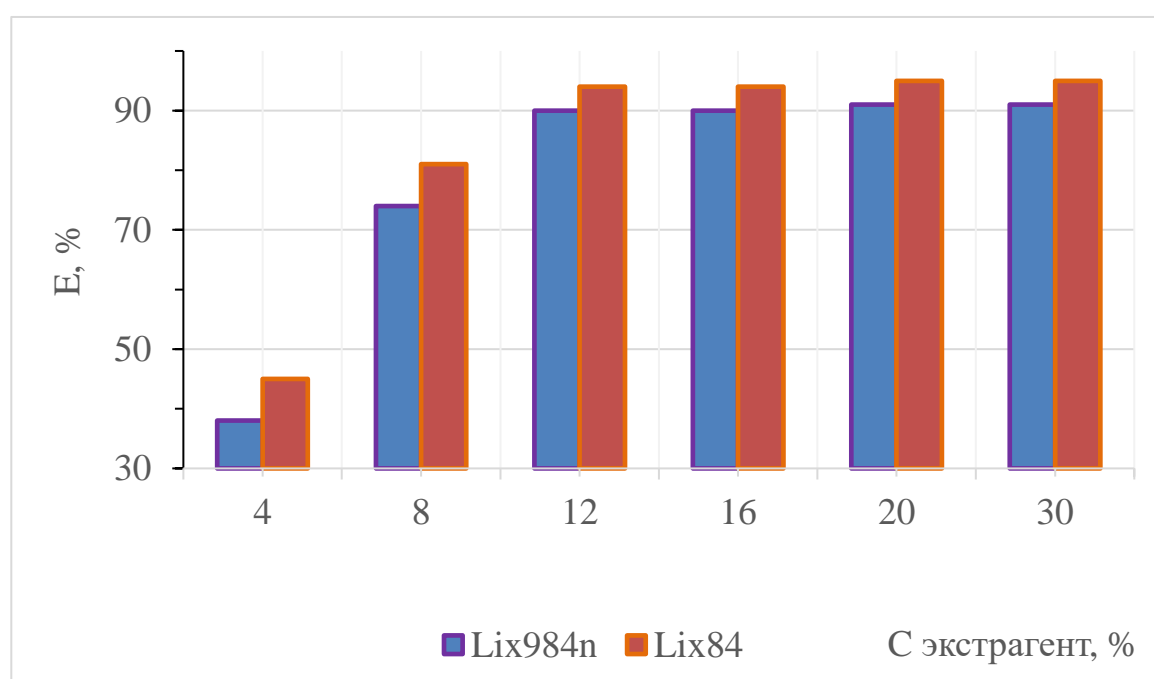
D-pH тәуелділік графигі бойынша А және Б экстрагенттері рН мәндері артқан сайын мыстың органикалық фазаға таралуы артатындығы көрінеді және рН 10 мәнінде ол екі экстрагент үшін де максималды мәндерге жететіндігін көрсетеді (А-ЭКСТРАГЕНТІ – 9 және Б - ЭКСТРАГЕНТІ – 15,67). Жоғарыда атап көрсеткендей, Б - ЭКСТРАГЕНТІ экстрагентінде мыс иондары А - ЭКСТРАГЕНТІ қарағанда 1,74 есе артық таралады.

Мыс иондарының экстракциямен бөліну дәрежесін жоғарылату мақсатында келесі эксперименттер экстрагент концентрациясын 4 – 20 % аралығында өзгерту арқылы жүргізілді. Ерітіндінің рН мәні 8 - 11 аралығында, температура – 20 °С болды. Алынған нәтижелер төменде, 2.3 кестеде келтірілген.

Аммиакты ерітіндіден мыс иондарын экстракциямен бөліп алуға органикалық және сулы фазаларды араластыру және тұндыру уақыттарының әсері өте зор, себебі әрбір жағдайда мыс пен экстрагенттің өзара әрекеттесіп, кешенді түзуі белгілі бір уақытты, яғни кешеннің түзілуіне әкелетін әрбір сатының басталып, толығымен аяқталуына байланысты.

2.3 Кесте – Экстрагент концентрациясының мысты бөліп алуға әсер етуі

Э, %	Cu aq, g/l	Cu org g/L	E	D	Cu aq, g/l	Cu org g/L	E	D
	А - ЭКСТРАГЕНТИ				Б - ЭКСТРАГЕНТИ			
4	3.72	2.28	38	0.61	3.30	2.7	45	0.82
8	1.8	4.2	70	2.33	1.20	4.8	80	4.00
12	0.6	5.4	90	9.00	0.36	5.64	94	15.67
16	0.6	5.4	90	9.00	0,36	5.64	94	15,67
20	0.54	5.46	91	10.11	0.30	5.7	95	19.00



2.3 Сурет – Мысты бөліп алуға экстрагент концентрациясының әсері

Сондай ақ экстракциядан кейін фазаларды тұндыру уақыты органикалық және сулы фазалардың толығымен бір бірінен бөлініп, екі бағыт бойынша басқа сатыларға жіберілуі үшін де өте маңызды фактор болып табылады.

Өндірістік жағдайларда осы араластыру және тұндыру уақыттарына байланысты сулы және органикалық фазалардың ағын жылдамдығын реттеп отырады. Басқа жағдайда экстракция процесі толық жүрмей, тұндыру уақыты аз болғанда мыс иондары да, экстрагент те ағындармен кетіп үлкен шығынның

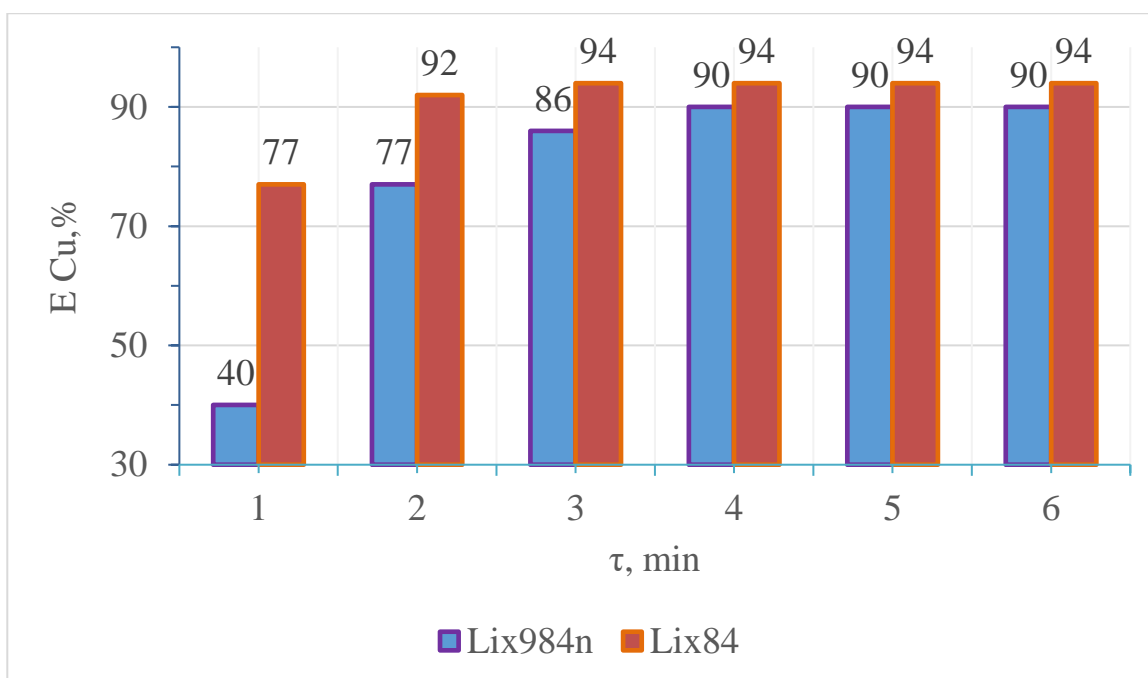
болуына, соның нәтижесінде бүкіл экстракция цехының өнімділігінің күрт төмендеуіне әкеледі.

Осы факторларды зерттеу мақсатында келесі эксперименттер сулы және органикалық фазаларды араластыру және тұндыру уақыттарының мыстың бөліну дәрежесіне қалай әсер ететіндігін білу мақсатында жүргізілді.

Эксперименттерді жүргізу шарттары: экстрагент концентрациясы 12 % араластыру және тұндыру уақыттары 1 - 10 минут, сулы және органикалық фазалардың қатынасы 1:1, ерітіндінің рН мәні 10, температура – 20 С, болды. Алынған нәтижелер төменде, 2.4 кестеде келтірілген.

2.4 Кесте – Сулы және органикалық фазаларды араластыру уақытының мысты бөліп алуға әсер етуі

τ, мин	Cu aq, g/l	Cu org g/L	E	D	Cu aq, g/l	Cu org g/L	E	D
	А - ЭКСТРАГЕНТИ				Б - ЭКСТРАГЕНТИ			
1	4.38	1.62	27	0.37	2.64	3.36	56	1.27
2	3.6	2.4	40	0.67	1.38	4.62	77	3.35
3	1.38	4.62	77	3.35	0.48	5.52	92	11.50
4	0.84	5.16	86	6.14	0.36	5.64	94	15.67
5	0.6	5.4	90	9.00	0.36	5.64	94	15.67
7	0.6	5.4	90	9.00	0.36	5.64	94	15.67
9	0.6	5.4	90	9.00	0.36	5.64	94	15.67



2.4 Сурет – Мысты бөліп алуға экстрагент концентрациясының әсері

Эксперименттердің нәтижелері көрсеткендей, сулы және органикалық фазаларды араластыру уақыттарын 1 минуттан 10 минутқа дейін арттырған кезде А және Б экстрагенттерімен мысты сәйкесінше максималды дәрежеде 3 және 5 минутта 94 және 90 % дәрежеде бөліп алу мүмкін болды. Б - экстрагенті үшін араластыру уақыты екінші экстрагентпен салыстырғанда 2 минутқа аз болды.

Осы көрсеткіштер нәтижесінде тиімді экстрагент ретінде Б - экстрагенті болып табылады.

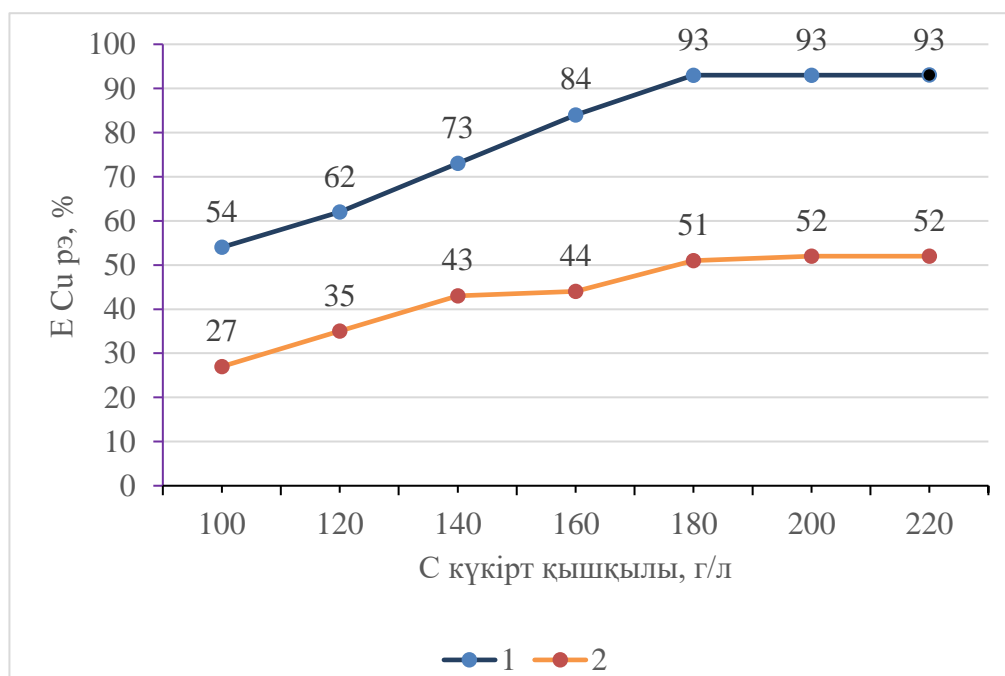
Реэкстракция процесі. Экстракция процестері бойынша жүргізілген эксперименттер мыс пен ликс текті экстрагенттердің жақсы кешенді байланысты құратын көз жетті. Енді экстракцияға кері процесс – реэкстракция процесі өте маңызды саты. Себебі мыс пен экстрагенттің байланысы өте берік болса, реэкстракция процесі нашар жүріп, мысты толық бөліп алуға мүмкіндік болмайды. Сондықтан келесі эксперименттер реэкстракция процесін жүргізу үшін тиімді күкірт қышқылының концентрациясын табу мақсатында жүргізілді.

Реэкстракция процесі келесі жағдайларда жүргізілді: күкірт қышқылының концентрациясы 100 - 200 г/л, араластыру уақыты – 5 минут, тұндыру уақыты – 5 минут. Нәтижелер кесі 2.5 кестеде келтірілген.

2.5 Кесте – Реэкстракция нәтижелері

C, г/л	Cu org g/L	Cu aq, g/l	E, % рэ	D рэ	Cu org g/L	Cu aq, g/l	E, % рэ	D рэ
А-ЭКСТРАГЕНТІ				Б-ЭКСТРАГЕНТІ				
100	2,48	2,92	54	1,17	4,12	1,52	27,00	0,37
120	2,05	3,35	62	1,63	3,67	1,97	35,00	0,54
140	1,46	3,94	73	2,70	3,21	2,43	43,00	0,75
160	0,86	4,54	84	5,25	3,16	2,48	44,00	0,79
180	0,38	5,02	93	13,29	2,76	2,88	51,00	1,04
200	0,38	5,02	93	13,29	2,71	2,93	52,00	1,08
220	0,38	5,02	93	13,29	2,71	2,93	52,00	1,08

Эксперимент нәтижелері бойынша күкірт қышқылының концентрациясы артқан сайын мыстың органикалық фазадан бөліну дәрежесі де артатындығына көз жеткізілді. Бірақ барлық күкірт қышқылының концентрациясы мәндерінде LIX 84 қарағанда LIX 984n экстрагентінен мыстың бөліну дәрежесі жоғары болды. Оны келесі графиктік сұлбадан анық көруге болады.



2.5 Сурет – Реэкстракция процесіндегі мысты бөліп алуға күкірт қышқылы концентрациясының әсері

Осы реэкстракция нәтижелері екінші экстрагенттен мыстың бөлінуі өте қиын екендігін көрсетті. Бұл мыс пен экстрагенттің берік кешенді қосылысты құрайтындығына байланысты. Негізі мұндай ерекшелік мыстың жалпы экстракция-реэкстракция циклында жиналып, өнімділікті төмендетуге алып келеді. Мысты аммиакты ортадан экстракциямен бөліп алу үшін тиімді реагентті табу үшін мыстың экстракция - реэкстракция процестерінен кейінгі сулы ерітіндідегі концентрациясы мен бастапқы концентрациясы есепке алынып жалпы бөліну дәрежесі есептелді.

2.6 Кесте – Мысты аммиакты ерітіндіден бөліп алу экстрагенттерінің көрсеткіштері

Экстрагент	Экстракцияда мыстың органикалық фазаға бөліну дәрежесі Е экстракция, %	Реэкстракцияда мыстың сулы фазаға бөліну дәрежесі Е реэкстракция, %	Мыстың экстракция-реэкстракция процестеріндегі жалпы бөліну дәрежесі	Реэкстрактағы мыстың концентрациясы
1	90	93	83.7	5.02
2	94	52	48.8	2.93

Қорыта келгенде, аммиакты ерітіндіден мысты бөліп алу көрсеткіштері бойынша есептелген мәндер тиімді экстрагент болып А-экстрагенті - LIX 984n табылатындығын дәлелдейді, яғни Б-экстрагенті - LIX 84 экстрагентінің экстракция көрсеткіштері жоғары болғанымен, реэкстракция кезінде өте төмен нәтижені көрсетті. Мұндай экстрагентті әрі қарай өндірісте қолдану тиімді болып табылмайды.

3 Экономикалық бөлім

Аммиакты ерітінділерден мысты бөліп алу эксперименттері «Металлургиялық процестер, жылу техникасы және арнайы материалдар технологиясы» кафедрасының оқу зертханаларында жүргізілді. Зерттеулерді жүргізу кезінде келесідей шығындар орын алды (3.1 Кесте).

3.1 Кесте – Электр энергиясының шығыны

Қондырғы аты	Қуаты, кВт·сағ	Жұмыс сағат саны	Вт/сағаттағы мөлшері	Шығыны, тг 1кВт = 28.32
Аналитикалық таразы	0.05	10	5	14.16
Лабораториялық экстрактор	1.2	5	6	36
Бөлгіш құрылғысы бар экстрактор	1.5	34	52	2652
pH-метр	0.3	4	12	14.4
Барлығы	3.05	14.84	2.82	127.6

3.2 Кесте – Реактивтер шығыны

Аты	Мөлшері, м ³ / кг, мл	Шартты баға, тг/м ³ , тг/кг, тг/л	Шығындары, тг
NaOH	0.5 кг	1000	500
H ₂ SO ₄	1000 мл	1000	1000
В - Экстрагент	500 мл	10000	2500
А - Экстрагент	250 мл	10000	2500
Сұйылтқыш	2500 л	10000	250000
	4250	32000	31500

3.3 Кесте – Жалпы шығындар саны

Шығындар аты	Шығын саны, тг	Салмақтық үлесі, %
Электр энергия шығыны	3000	4.70
Реактивтер шығыны	31500	45.9
Химиялық ыдыс	50000	73
Ыстық су 1000*1,5 м	1500	2.18
Суық су 500*3 м	1500	2.18
Барлығы:	68500	100

4 Қауіпсіздік және еңбек қорғау бөлімі

Дипломдық жұмыстың зерттеу жұмыстары негізінен Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ Ұлттық Техникалық Зерттеу Университтінің «Металлургиялық процестер, жылу техникасы және арнайы материалдар технологиясы» кафедрасындағы зертханасында жасалды. Қауіпсіздік техникасы зертхана меңгерушісінің рұқсатымен іске асырылады. Зертхана меңгерушісі кәсіпорында еңбекті қорғаудың толығымен жауапты маман болып табылады.

Аммиак қауіпті химиялық заттар мен өндіріс ерекше шарттарын талап етеді, тасымалдау және сақтау. Аммиак газы өте улы, уытты қосылыс болып табылады. Адамдар ластанған ауданы тыс баруға қажет. Төгілген аммиакты жою үшін арнайы болат баллондар мен танк пайдаланып тасымалданады. Өрт көзі қатысуымен тұтанып, салдарынан төмен қайнау нүктесі қызған затқа тиген кезде аммиак контейнерлері жарылуы мүмкін. Бензинмен шектеулі байланыс әдетте зиянсыз. Алайда, бензин және оның булары улы болып табылады және оларға ұзақ әсер ету адамның денсаулығына айтарлықтай зиян тигізуі мүмкін. Бензин - бұл адамдар, ең алдымен, көлік құралдарын және қозғалтқышты қолданатын басқа машиналарды жанармайға құю үшін қолданатын адам жасаған зат.

Бензин немесе бензин буларының көп мөлшерде немесе ұзақ уақытқа әсер етуі денсаулықтың ауыр асқынуларын тудыруы мүмкін. Бензинді аз мөлшерде жұту өлімге әкелуі мүмкін. Бензин адамдар оны жұтқан кезде ғана улы емес. Сондай-ақ, адам бензин сұйықтығымен немесе бензиннің буларымен немесе буларымен жанасқанда терінің, көздің және өкпенің зақымдануы мүмкін. Жанармай бензинінен бірнеше зиянды химиялық заттар шығарылады, олардың бірі - көміртегі оксиді. Көміртегі оксиді - түссіз, иісі жоқ газ, адамдар оны жоғары концентрацияда немесе ұзақ уақыт ішкенде өлімге әкелуі мүмкін.

4.1 Кесте – NaOH-тың зияны

Қауіптілігі	Салдары
Улылық	Шырышты қабаттың күйдірілуі
Көзге түсу кезінде	Қайтарымсыз көру қабілетінен айырылу
Теріге түсу кезінде	Ауыр күйіктер, ісік
Қоршаған ортаға әсері	Сұйық күйінде – ұшпа (буланады);

ҚОРЫТЫНДЫ

Дипломдық жұмыста аммонийлі ерітіндіден металдарды экстракциямен бөліп алуды зерттеу мысқұрамды карбонатты кенді аммиакты шаймалау кезінде пайда болған өнімді ерітінді негізгі зерттеу объектісі болып табылды.

Жоспарланған зерттеулер Cognis өнеркәсібі өндіретін, қазіргі кезде кеңінен таралған коммерциялық экстрагенттерді қолданумен жүргізілді, атап айтқанда LIX 984N (А экстрагенті) және LIX 84 (Б экстрагенті). Көмірсутекті еріткіштердегі органикалық ерітінділер ретінде дайындалған таңдалған реагенттердің экстракциялық қасиеттері зерттелді және салыстырылды. Органикалық фазадағы экстрагент концентрациясының экстракция тиімділігі мен аммиакты тасымалдауға әсері зерттелді.

Экстракция процестері бойынша жүргізілген эксперименттер мыс пен ликс текті экстрагенттердің жақсы кешенді байланысты құратын көз жетті. Енді экстракцияға кері процесс – реэкстракция процесі өте маңызды саты. Себебі мыс пен экстрагенттің байланысы өте берік болса, реэкстракция процесі нашар жүріп, мысты толық бөліп алуға мүмкіндік болмайды. Сондықтан эксперименттер реэкстракция процесін жүргізу үшін тиімді күкірт қышқылының концентрациясын табу мақсатында жүргізілді

Қорыта келгенде, аммиакты ерітіндіден мысты бөліп алу көрсеткіштері бойынша есептелген мәндер тиімді экстрагент болып А-экстрагенті - LIX 984n табылатындығын дәлелдейді, яғни Б-экстрагенті - LIX 84 экстрагентінің экстракция көрсеткіштері жоғары болғанымен, реэкстракция кезінде өте төмен нәтижені көрсетті. Мұндай экстрагентті әрі қарай өндірісте қолдану тиімді болып табылмайды.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1 Аксенов, А. В. Кучное выщелачивание меди из окисленных руд. Особенности процесса применительно к российским климатическим условиям / А. В. Аксёнов, А. А. Васильев, А. Г. Никитенко // Вестник ИрГТУ. – 2014. – №1 (84) – С.72-75.

2 Теория и практика кучного выщелачивания меди / Бейсембаев Б. Б., Кунаев А. М., Кенжалиев Б. К - Алматы: Гылым, 1998. - 348 с стр. 7-12

3 Условия и механизм сульфатно-аммонийного выщелачивания. Стр 71-74

4 Кирилл Ахтямович Каримов, Денис Александрович Рогожников, Станислав Степанович Набойченко, Л. М. Каримова, С. В. Захарьян

5 Ашихмин, А. А. Геолого-экономические и организационные аспекты формирования программ развития горно-обогатительных комбинатов медной промышленности на основе внедрения гидрометаллургических технологий переработки руд и концентратов / А. А. Ашихмин, Т. А. Дмитриева // Горный 136 информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2006. – № 12. – С.341-348.

6 Букаева, А. Д. Производство цветных металлов в республике Казахстан // А. Д. Букаева //Теория и практика общественного развития. – 2012. – № 12. – С. 561- 564.

7 Вольдман, Г. М. Теория гидрометаллургических процессов: учеб. пособие для вузов / Г. М. Вольдман, А. Н. Зеликман. – М.: Интермет Инжиниринг, 2003. – 464 с.

8 Гедгагов, Э. И. Очистка насыщенных ионитов от примесей методом фронтально-градиентного вытеснения в схемах извлечения цветных, редких и редкоземельных металлов / Э. И. Гедгагов, С. В. Захарьян, О. М. Синянская, Д. В. Захарьян // Химическая технология. – 2017. – Т. 18. – №11. – С. 504-514.

9 Горлова, О. Е. Разработка комбинированной флотационногидрометаллургической неокислотной технологии переработки отвалов забалансовых медных руд / О. Е. Горлова, И. В. Шадрунова, О. М. Синянская // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2018. – №12. – С. 157-165.

10 Денисов, М. Э. Технология переработки медной руды Удоканского месторождения с предварительным серноокислотным выщелачиванием / М. Э. Денисов, Б. П. Руднев, Л. Н. Крылова, Ю. С. Кучмина // Горный информационноаналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2015.– №10. – С.100- 104.

11 Исследование руд месторождений Жезказган, Жиланды и Таскора с целью определения режимных параметров кучного выщелачивания и последующей переработкой продуктивных растворов на заводе SX-EW производительностью 5000 тонн катодной меди в год: сводный отчет о НИР. Тема 6-15-06. – УстьКаменогорск: ВНИИцветмет, 2015. – 78 с.

12 Захарьян, С. В. Повышение экологической безопасности на предприятиях цветной металлургии за счет использования сорбционных процессов / С. В. Захарьян, Э. И. Гедгагов, А. Б. Юн // Экология и промышленность России. – 2018. – Т.22. – №1. – С.26-32

13 Агаркова Г.А. Выщелачивание медных окисленных минералов, характерных для месторождений СССР // Цветные металлы. - 1950,- № 1. - с. 35-41.

14 Кенжалиев, Б. К. Гидрометаллургический метод переработки упорного сырья - шаг в будущее металлургии / Б. К. Кенжалиев // Доклады НАН РК. Серия химическая. – 2009. – № 2. – С. 95-100

15 Кучное выщелачивание – эффективная технология в условиях дефицита ресурсов [Электронный ресурс] /Оксана Ширкина 19.01.2016. Режим доступа: <http://mining-info.ru/?p=1207>.

16 Кушакова, Л. Б. Исследования, практическое состояние и перспективы применения гидрометаллургических технологий для переработки медных руд 141 месторождений Казахстана / Л. Б. Кушакова, Н. В. Сизикова //Цветная металлургия. – 2015. – №5. – С.13-18

17 Петров, Г. В. Исследование аммиачного автоклавного выщелачивания некондиционного медного концентрата, содержащего серебро и рений / Г. В. Петров, А. Я. Бодуэн, Б. С. Иванов, М. А. Серебряков // Цветные металлы. – 2016. – №10. –С.23–28.

18 Проведение исследований и испытаний на опытно-промышленной установке ВНИИцветмета разработанной комбинированной флотационногидрометаллургической технологии переработки смешанных руд месторождения Таскора: отчет о НИР. Тема 6-11-47. – Усть-Каменогорск: ВНИИцветмет, 2011. – 56 с.

19 Рабочий проект «Отработка месторождения «Таскора» Жаман-Айбатского рудного поля». Том 3, книга 1. – Жезказган, 2007. – 70 с.

20 Синянская, О. М. Исследование возможности переработки смешанных медных руд с использованием гидрометаллургических методов в обогатительном цикле на примере месторождения «Таскора» / О. М. Синянская, А. М. Койшибаева, С. В. Захарьян, А. У. Серикбай // «Интенсификация гидрометаллургических процессов переработки природного и техногенного сырья. Технологии и оборудование»: мат-лы науч.-практ. конф. – СПб: Изд-во СПбГТИ (ТУ), 2018. – С. 56-59

21 Технологический регламент на технологию переработки руд отвала месторождения Таскора. Караганда: ТОО «КазГидроМедь»,2015. – 59 с

22 Якубов, Н. М. Мировой рынок меди: состояние и перспективы развития / Н. М. Якубов // Маркетинг в России и за рубежом. – 2015. – № 4 (108). – С. 123-129.

23 Шадрунова, И. В. Теоретическое и экспериментальное обоснование низкотемпературных процессов выщелачивания некондиционных медьсодержащих гересурсов: дис.... док-ра техн. наук.:25.00.13 /Шадрунова Ирина Владимировна. – Москва, 2003. – 289 с.

24 Юн, А. Б. Исследования по извлечению меди из смешанных руд месторождения Таскора / А. Б. Юн, С. В. Захарьян, В. А. Чен, Л. М. Каримова, И. В. Терентьева // Научно-технический вестник Поволжья. – 2014. – №6. – С.377- 381.

25 Теория и практика кучного выщелачивания меди / Бейсембаев Б. Б., Кунаев А. М., Кенжалиев Б. К - Алматы: Гылым, 1998. - 348 с.