

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ 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

Ашанов Архат Шеризатұлы

Ақтоғай кен орнының мыс ерітінділерін сұйық экстракциялау процесінің термодинамикасы
мен кинетикасының механизмі

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

6В07203 – «Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту» білім беру бағдарламасы

Алматы 2024

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ 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

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

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ
МПЖжАМТ кафедрасының меңгерушісі
қауымд. проф., PhD., техн.ғыл. канд.
Чепуштанова Т.А.
«10» 06 2024 ж.

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Ақтоғай кен орнының мыс ерітінділерін сұйық экстракциялау процесінің
термодинамикасы мен кинетикасының механизмі

6B07203 – Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту

Орындаған

Ашанов А.Ш.

Рецензент
МжКБ институтының
Гидрометаллургиялық арнайы
әдістері зертханасының меңгерушісі,
техника ғылымдарының кандидаты
Койжанова А. К.
«06» 2024 ж.

Ғылыми жетекшісі
МПЖжАМТ кафедрасының
тех.ғыл.маг., аға оқытушы

Алтымышбаева Ә.Ж.
«10» 06 2024 ж.



Алматы 2024

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ 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

6В07203 – «Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту» білім беру бағдарламасы



Дипломдық жұмысты орындауға
ТАПСЫРМА

Білім алушы Аианов Архат Шеризатұлы

Тақырып: Ақтоғай кен орнының мыс ерітінділерін сұйық экстракциялау процесінің термодинамикасы мен кинетикасының механизмі

Университет ректорының «04» желтоқсан 2023 ж. №548-ІІ бұйрығымен бекітілген.

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі:

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістері: экстракцияға ұсынылатын әдебиеттер, керосиндегі ACORGA M5640 және LIX 984N қоспаларының ерітіндісі бар экстрагент, құрамында мыс бар ерітінді, қажетті экстракциялық аппараттар

Дипломдық жұмыста қарастырылған мәселелер тізімі:

а) сулы ерітінділерден мысты экстракция әдісімен бөліп алу мәселелерінің қазіргі жағдайын көрсететін әдеби деректер;

б) керосиндегі ACORGA M5640 және LIX 984N экстрагент ерітінділерімен экстракциялық қасиеттерін зерттеу бойынша деректерді көрсететін эксперименттік бөлім;

в) экстракциялау процесінің термодинамикасы мен кинетикасын зерттеу;

Сызба материалдар тізімі (міндетті сызбалар дәл көрсетілуі тиіс)

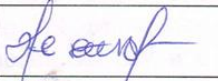
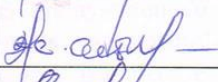

Жұмыстың тақырыбы бойынша қорытындыны қоса 21 слайд.

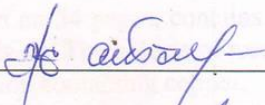
Қолданылатын негізгі әдебиет 40 атаудан тұрады.


Дипломдық жұмысты даярлау
КЕСТЕСІ

Бөлім атаулары, дайындалатын сұрақтардың тізімі	Ғылыми жетекшіге, кеңесшілерге өткізу мерзімі	Ескерту
Кіріспе	08.01.2024	
Аналитикалық бөлім	05.02.2024	
Тәжірибелік бөлім	22.04.2024	
Экономикалық бөлім	14.05.2024	
Еңбекті қорғау	22.05.2024	
Қорытынды	24.05.2024	
Норма бақылау	03.06.2024	

Дипломдық жұмыс (жоба) бөлімдерінің кеңесшілерінің және норма бақылаушының аяқталған жұмысқа (жобаға) қойған
қолтаңбалары

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер, аты, әкесінің аты, тегі (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Экономика бөлімі	Алтмышбаева Ә.Ж. т.ғ.м., аға оқытушы	20.05.2024	
Еңбекті қорғау	Алтмышбаева Ә.Ж. т.ғ.м., аға оқытушы	25.05.2024	
Норма бақылау	Қоныратбекова С.С. т.ғ.к., аға оқытушы	11.06.2024	

Ғылыми жетекші  Алтмышбаева Ә.Ж.

Студент тапсырманы орындауға алды  Ашанов А.Ш.

Күні « 1 » ақпан 2024 ж.

АНДАТПА

Дипломдық жұмыс 54 бетте жазылған, ішінде 3 бөлім, 18 сурет, 11 кесте бар. Жұмыста пайдаланылған әдебиеттер саны 40. Зерттеудің нысандары ACORGA M5640 және LIX 984N реагенттері және құрамында мыс бар сулы ерітінді болып табылады.

Жұмыстың мақсаты – Ақтоғай кен орнының мыс ерітінділерін сұйық экстракциялау процесінің термодинамикасы мен кинетикасының механизмін зерттеу болып табылады.

Жұмыс аясында әдебиетке шолу жасалып, онда экстракциялық процесте реагенттерді пайдалану қарастырылды. Ақтоғай кен орнының байытылуы қиын тотыққан кендерін шаймалау арқылы алынған өнімді ерітінділерді өңдеу үшін SX-EW технологиясы ең қолайлы екендігі және өнімді ерітіндіден мысты бөліп алу бойынша эксперименттік деректерді салыстыру нәтижесінде мысты тиімді алу үшін ACORGA M5640 (10 %) экстрагентін қолданған жөн екендігі анықталды. Жұмыста жасалған зерттеу жұмысының қажетті экономикалық есептеулер мен еңбек қауіпсіздігі орындалған.

АННОТАЦИЯ

Дипломная работа написана на 54 страницах, содержит 3 раздела, 18 рисунков, 11 таблиц. Количество использованной литературы в работе 40. объектами исследования являются реагенты ACORGA M5640 и LIX 984N и водный раствор, содержащий медь.

Целью работы является изучение механизма термодинамики и кинетики процесса жидкой экстракции медных растворов Актотайского месторождения.

В рамках работы был проведен обзор литературы, в котором рассматривалось использование реагентов в процессе экстракции. Установлено, что для обработки продуктивных растворов, полученных путем выщелачивания трудно обогащаемых окисленных руд Актотайского месторождения, наиболее подходит технология SX-EW и в результате сравнения экспериментальных данных по выделению меди из продуктивного раствора для эффективного извлечения меди целесообразно использовать экстрагент ACORGA M5640 (10%). В работе выполнены необходимые экономические расчеты и безопасность труда выполненной исследовательской работы.

ANNOTATION

The thesis is written on 54 pages, contains 3 sections, 18 figures, 11 tables. The number of literature used in the work is 40. The objects of research are the reagents ACORGA M5640 and LIX 984N and an aqueous solution containing copper.

The aim of the work is to study the mechanism of thermodynamics and kinetics of the process of liquid extraction of copper solutions of the Aktogay deposit.

As part of the work, a literature review was conducted, which considered the use of reagents in the extraction process. It was found that the SX-EW technology is most suitable for the treatment of productive solutions obtained by leaching difficult-to-enrich oxidized ores of the Aktogay deposit, and as a result of comparing experimental data on the separation of copper from a productive solution, it is advisable to use the extractant ACORGA M5640 (10%) for effective copper extraction. The necessary economic calculations and labor safety of the completed research work are carried out in the work.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	7
1 Әдебиеттерге аналитикалық шолу	9
1.1 Экстракция жайлы ақпарат	9
1.2 Қолданыстағы реагенттер	15
1.3 Қышқылдық деңгейін реттеу	17
1.4 Крад	18
1.5 Ерітіндінің температурасы	18
1.6 Әлемдегі мыс кендерінің кен орындары	19
2 Эксперименттік бөлім	25
2.1 Термодинамикалық талдау	25
2.1.1 «Cu -H ₂ O», «Cu-Fe-H ₂ O» жүйелерін термодинамикалық талдау	25
2.1.2 «Cu-S-H ₂ O» жүйелерін термодинамикалық талдау	26
2.1.3 «Fe-S-H ₂ O» жүйелерін термодинамикалық талдау	27
2.1.4 «Cu-Fe-S-H ₂ O» жүйелерін термодинамикалық талдау	28
2.1.5 «Mn-H ₂ O», «Mn-S-H ₂ O» жүйелерін термодинамикалық талдау	29
2.1.6 «Si-S-H ₂ O» жүйесін термодинамикалық талдау	31
2.2 Зерттеуде қолданылатын материалдар мен құрал-жабдықтар	32
2.3 Экстракция процесінің жүргізілуі	33
2.4 Ерітіндідегі мыс мөлшерін анықтау әдістемесі	34
2.5 Тәжірибелік мәліметтерді өңдеу	35
3 Экономикалық бөлім	44
3.1 Зерттеу жүргізуге арналған шығындарды есептеу	44
3.2 Амортизациялық аударымдарды есептеу	44
3.3 Негізгі және қосалқы материалдарға арналған шығындарды есептеу	45
3.4 Электр энергиясының шығындарын есептеу	45
3.5 Суық су шығындарын есептеу	46
3.6 Шығындардың жалпы соммасын есептеу	46
4 Еңбек қауіпсіздігі және еңбекті қорғау	47
4.1 Еңбек қауіпсіздігі және еңбекті қорғауды ұйымдастыру	47
4.2 Қауіпті және зиянды өндірістік факторларды талдау	48
Қорытынды	50
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	52

КІРІСПЕ

Бүгінгі мыс өнеркәсібі ақпараттық технологиялар, энергетика және машина жасау прогресінде шешуші рөл атқарады. Соңғы статистикаға сәйкес, әлемдік нарықтағы мыстың шамамен 65 %-ы пирометаллургиялық әдістердің нәтижесі болып табылады, 18 %-ы сұйық экстракция және электролиз технологияларын қолдана отырып өндіріледі, ал қалған 17 %-ы қайта өңдеу нәтижесінде алынады.

Жұмыстың өзектілігі. Сұйық экстракция процестері металдарды іріктеп алу және шоғырландыру үшін маңыздырақ болып келеді, сондай-ақ химия, радиохимия, мұнай-химия және өнеркәсіптің басқа салаларында қолданылады. Сұйық экстракция және электролиз әдетте тотыққан мыс кендерін өңдеу үшін қолданылады. Бұл процесте мыс шығарудан басқа, үйінді шаймалау процесінің ажырамас бөлігі болып табылатын кремний, алюминий, магний, марганец және темір сияқты басқа металдар да ериді.

Осындай ресурстар барған сайын құнды болып келе жатқан қазіргі әлемде пайдалы қазбаларды өндіру мен өңдеудің тиімді және үнемді әдістерінің маңыздылығы артып келеді. Қазақстанда орналасқан Ақтоғай кен орны ірі мыс кен орындарының бірі болып табылады және оны игеру әлемдік металлургия үшін зор маңызға ие. Кеннен мысты бөліп алу үшін қолданылатын негізгі процестердің бірі – сұйық экстракция. Бұл процесс мысты тиімді алуға мүмкіндік беріп қана қоймайды, сонымен қатар қоршаған ортаға зиянды азайтады, бұл оны қазіргі жағдайда қолайлы етеді.

Бұл дипломдық жұмыс мыс ерітінділерін сұйық экстракциялау процесінің термодинамикасы мен кинетикасының механизмін зерттеуге арналған. Термодинамика және кинетика – бұл сұйық экстракция жүйелерінде болып жатқан процестерді терең түсінуге және оңтайландыруға мүмкіндік беретін негізгі аспектілер.

Жұмыстың мақсаты – ACORGA M5640 және LIX 984N тобының экстрагенттерімен крад түзуші компоненттерді зерттеу арқылы өнімді ерітіндіден мысты бөліп алу процесін зерттеу және Ақтоғай кен орнының мыс ерітінділерін сұйық экстракциялау процесінің термодинамикасы мен кинетикасының механизмін зерттеу болып табылады.

Жұмыс міндеттері:

- мысты бөліп алудың әдістері бойынша мәселелердің қазіргі жағдайын талдау;
- сулы ерітінділерден мысты экстракциялау бойынша әдебиеттік мәліметтерге шолу;
- Ақтоғай кен орнының байытылуы қиын тотыққан кендерін шаймалау арқылы алынған өнімді ерітінділерді өңдеу үшін SX-EW технологиясын зерттеу;
- құрамы, г/л: Cu 0,262; Fe 17,97; SiO₂ 0,36 болатын Ақтоғай кен орнының өнімді ерітіндісіндегі сульфатты ерітінділерден модификацияланған ACORGA M5640 экстрагентін және модификацияланбаған LIX 984N

экстрагентін пайдаланып, мысты бөліп алуды зерттеу;

– Ақтоғай кен орнының LIX 984N және ACORGA M5640 экстрагенттері арқылы $\text{Cu}^{2+}/(\text{Fe}^{3+/2+})$ иондарының ең жақсы селективтілігін анықтау;

– Ақтоғай кен орнының өнімді ерітіндісінен мыс алу кезінде үшінші фаза - фазааралық суспензия (крад) түзілуін зерттеу;

– өнімді ерітіндіден мыс алу кезінде крадтың пайда болуына әкелетін негізгі зиянды қоспаларды анықтау;

– еңбекті қорғаудың қажетті шараларын әзірлеу;

– қажетті экономикалық есептеулерді орындау.

Жұмыстың теориялық және әдістемелік негізі.

Дипломдық жұмыс әдеби мәліметтерді талдау нәтижесінде алынған мысты бөліп алудың процестері және оны әртүрлі экстрагенттердің сулы ерітінділерінен алу туралы теориялық білімдерге негізделген.

Бұл жұмыста бастапқы сулы ерітінді мен рафинаттың құрамын бақылау үшін, сонымен қатар қажетті технологиялық есептеулерді орындау үшін мысты көлемдік йодометриялық титрлеу әдісін қолдандық.

Жұмысты орындау кезінде тәжірибелік жұмыстарды орындаудың тәсілдері, ережелері мен принциптері сақталды.

Дипломдық жұмысты орындаудың практикалық негізі.

Бұл дипломдық жұмыстың мақсаты мен міндеттері Қ.И.Сәтбаев атындағы ҚазҰТУ-дың «Металлургиялық процестер, жылу техника және арнайы материалдар технологиясы» кафедрасының зертханаларында аналитикалық жабдықтар мен аспаптардың болуының арқасында, сондай-ақ сулы ерітінділердегі мыс мөлшерін анықтаудың сәйкес әдістері арқасында жүзеге асты.

Бұл дипломдық жұмыс 2022-24 гранттық қаржыландырудың қолдауымен № AP14871587 ЖРН жобасының "Мысты сұйық экстракциялау кезінде крад түзілуін төмендетудің кешенді технологиясын әзірлеу" тақырыбы бойынша орындалды.

Мысты сулы ерітінділерден бөліп алу процесін зерттеу үшін экстракцияға қажетті құрал-жабдықтар (механикалық және магниттік араластырғыштар, шайқау аппараттары, бөлу воронкалары), қажетті химиялық шыны ыдыстар және зертханалық жабдықтармен қамтамасыз етілді.

1 Әдебиеттерге аналитикалық шолу

1.1 Экстракция жайлы ақпарат

Экстракция процесі ерітіндіде тығыз байланысқан элементтерді немесе қосылыстарды екі араласпайтын фазалар арасында әртүрлі таралуына байланысты бөлуге мүмкіндік береді. Бұл әдісті бастапқыда аналитикалық химиктер күрделі матрицалардағы элементтердің аз мөлшерін анықтай алатын заманауи аналитикалық жабдық болмаған жағдайда элементтерді бір-бірінен ажырату үшін жасаған. Дегенмен, экстракция әлі де аналитикалық зертханаларда қолданылады, оның негізгі қолданылуы бүгінде әртүрлі металдар мен химиялық заттардың сапасын тазарту және жақсарту болып табылады. Экстракцияны қолдану ядролық, фармацевтикалық, биологиялық, тамақ өнеркәсібі, сондай-ақ мұнай-химия жанама өнімдерін бөлу және бағалы және түсті металдарды қайта өңдеу сияқты көптеген салаларды қамтиды.

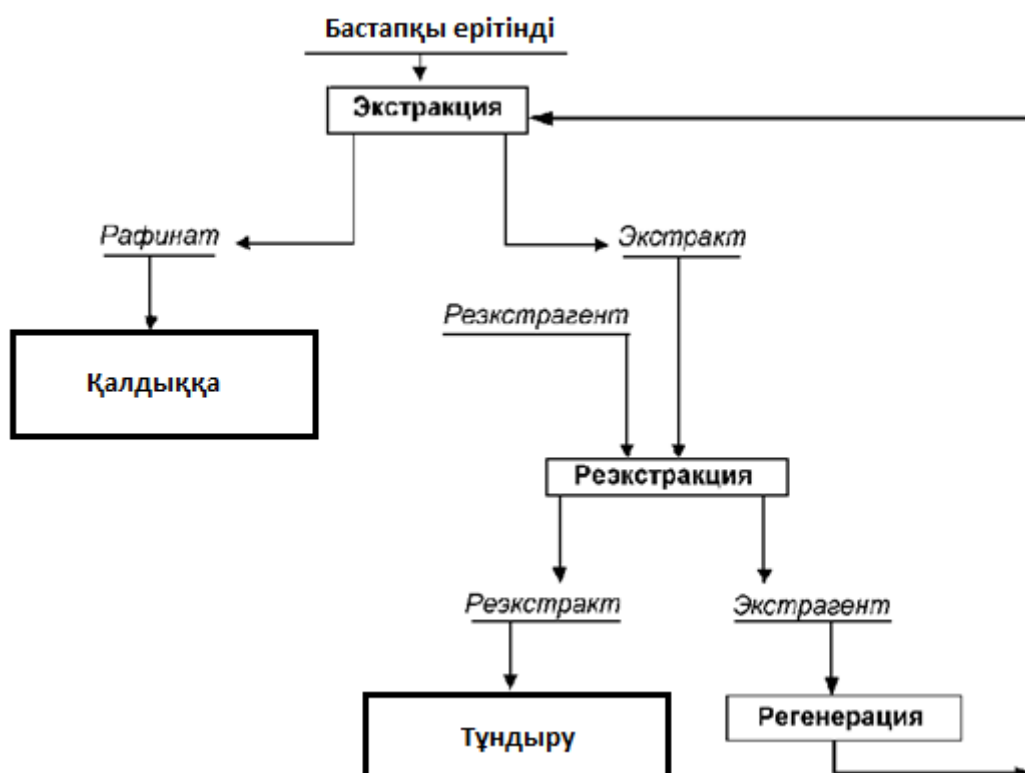
Экстракция процесінде мақсатты заттар әдетте су фазасынан органикалық фазаға ауысады. Масса алмасуды жақсарту үшін екі фаза араласады. Мақсатты бөлшектер суда ерімейтін экстрагентпен байланысады және органикалық фазаға ауысады, ал қалған заттар рафинат деп аталатын фазада қалады. Осыдан кейін араласпайтын фазалар бөлінеді және алынатын элементі немесе қосылысы бар органикалық фаза металды алу үшін одан әрі өңделеді.

Сұйықтық экстракция – затты, атап айтқанда иондарды және металл қосылыстарын су ерітіндісінен сумен араласпайтын сұйық органикалық фазаға алу процесі.

Реэкстракция деп аталатын келесі операцияда алынған металл органикалық фазадан сулы ерітіндіге ауыстырылады, осылайша металды қоспалардан концентрлейді және тазартады.

Органикалық фазада әдетте органикалық зат (экстрагенттің өзі) болады, ол органикалық фазада ери алатын экстракцияланған металмен күрделі немесе тұзды қосылыстар түзеді.

Кейде экстрагент органикалық реагенттің еріткіштегі ерітіндісі болып табылады. Еріткіш – сумен араласпайтын және экстрагент (керосин, ксилол, хлороформ, толуол және т.б.) үшін еріткіш қызметін атқаратын сұйық органикалық зат. Экстрагент кәдімгі еріткіштерде ерімейтін қатты зат болған жағдайда оны сұйық күйге айналдыру үшін арнайы еріткіштер (мысалы, спирттер) қолданылады.



1 - сурет – Металдарды ерітіндіден экстракциялық жолмен алудың принципіалды схемасы

Қайта экстракциялаушы ерітінділер (реэкстрагенттер) ретінде қышқылдардың, тұздардың және олардың негіздерінің ерітінділері қолданылады. Қайта экстракция нәтижесінде әдетте экстрагенттің регенерациясына қол жеткізіледі, яғни. оның бастапқы алу қабілетін қалпына келтіру. Экстракция сатысынан кейінгі органикалық және сулы фазалар сәйкесінше экстракт және рафинат деп аталады, ал реэкстракциядан кейінгі сулы ерітінді реэкстракт деп аталады.

Экстракция өнімділігін жақсарту үшін кейбір жағдайларда бейорганикалық заттар (әдетте электролиттер) болып табылатын тұздаушы агенттер (высаливатель) қолданылады. Су ерітіндісіне тұздаушы агентті қосу оңайырақ экстракцияланатын диссоциацияланбаған молекулалардың түзілуіне ықпал етеді немесе экстракцияланатын кешендердің түзілуіне әкеледі [1].

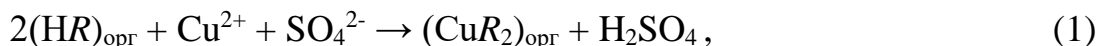
Әлемдегі алғашқы мыс өндіру зауыты «Bluebird» АҚШ-та ашылды. Экстракция сатыларының саны 3 және 4, реэкстракция – 2 және 3 болды. Процесс үш тұйық циклды қамтыды: рафинаттардың үйінді шаймалау сатысына дейінгі айналымы, экстрагент және электролит айналымы.

Мысты өндірудің экстракция технологиясы темір сынықтарымен мысты цементтеумен салыстырғанда күрделірек, бірақ оны пайдалану нәтижесінде катодты мыс бірден алынады, темір циркуляциялық ерітінділерде жинақталмайды, сонымен қатар күкірт қышқылы регенерацияланады. Соңғысы

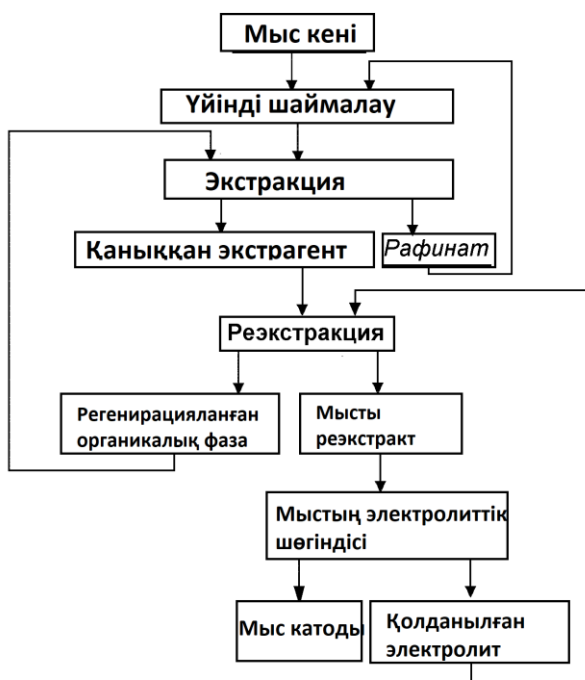
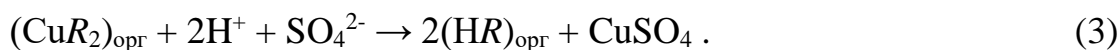
мыс килограммына бір жарым килограммға дейін қышқылды үнемдеуге мүмкіндік береді.

Құрамында мыс бар органикалық фазаны қышқыл ерітінділерімен өңдеу кезінде, яғни, мысты реэкстракциялау кезінде металлорганикалық комплекстер жойылады. Бұл концентрлі мыс ерітінділерін шығарады және экстракция фазасын қалпына келтіреді. Жеңілдетілген түрде бұл екі процесс келесі теңдеулер арқылы сипатталады:

– экстракция:



– реэкстракция:



2 - сурет – Мысты экстракциялық жолмен бөліп алудың принципиалды схемасы

Экстракция арқылы мысты бөліп алу үшін келесі экстрагенттер қолданылады:

– құрамында азот бар (негізінен аминдер), хлоридті ерітінділерде тиімді және күкірт қышқылы ерітінділерінде тек темірді бөліп алу үшін аммиак ерітінділерінен мысты бөліп алу үшін пайдалануға болады;

– құрамында Fe^{3+} жоқ хлорид ерітінділерінен мысты бөліп алатын жоғары өнімділікке ие бейтарап фосфорорганикалық қосылыстар (трибутилфосфат);

– Fe^{3+} жоқ кезде хлорид пен нитрат ерітінділерінен мыс пен мырышты бөлуге жарамды алкилфосфор қышқылдары;

– күкірт қышқылы ерітінділеріндегі мыс, никель, темір, мырыш, кадмий, кобальтты бөлуге жарамды карбоксил топтары бар (нафтенді) жоғары молекулалы қышқылдар;

– май қышқылдары (олеин, лиолин, элеостеар) және олардың бейтарап және сілтілі ерітінділерден мысты бөліп алатын сабындары;

– беттік белсенді экстрагенттер: полипропиленгликоль, жоғары молекулалы сульфон қышқылдары, алкиларилсульфон қышқылы [2, 3].

Экстракциялық қасиеттердің сипаттамасы және су ерітінділерінен мысты бөліп алу үшін жоғарыда аталған түрдегі экстрагенттерді қолдану көптеген ғылыми мақалалар мен есептерде [2, 3] сипатталған, осыдан мыс катиондарын бөліп алуға катионалмастырғыш және хелатты экстрагенттер ең қолайлы болып табылады.

Мыс өнеркәсібі экстракцияны қолдануда керемет коммерциялық жетістіктерге қол жеткізді. Соңғы жылдары мысты бастапқы өңдеуде экстракцияны қолдану айтарлықтай өсті: күкірт қышқылын шаймалау, металды электролиз арқылы алу және экстракция арқылы тазарту комбинациясы арқылы жоғары таза мыс өндірісі тұрақты түрде артып келеді және қазіргі уақытта жалпы өндірістің шамамен 30 % құрайды [4].

Экстракция өнімділігін жақсарту үшін кейбір жағдайларда бейорганикалық заттар (әдетте электролиттер) болып табылатын тұздаушы агенттер қолданылады. Су ерітіндісіне тұздаушы агентті қосу оңайырақ экстракцияланатын диссоциацияланбаған молекулалардың түзілуіне ықпал етеді немесе экстракцияланатын кешендердің түзілуіне әкеледі [4].

Экстракцияның сандық сипаттамаларының бірі таралу коэффициенті – K , ол тепе-теңдік орнаған кезде органикалық және сулы фазалардағы элементтің жалпы (аналитикалық) концентрацияларының қатынасы ретінде анықталады:

$$K = \frac{\sum C_{(орг)}}{\sum C_{(вод)}} = \frac{C_{1(орг)} + C_{2(орг)} + C_{3(орг)} + \dots + C_{i(орг)}}{C_{1(вод)} + C_{2(вод)} + C_{3(вод)} + \dots + C_{i(вод)}} \quad (4)$$

мұндағы C_1, C_2, \dots, C_i – органикалық және сулы фазалардағы әртүрлі химиялық формадағы элементтің концентрациясы.

Алынған элементтің қосылысы органикалық және сулы фазаларда бірдей құрамға ие болған ерекше жағдайда өрнек жеңілдетіледі:

$$K = K_d = C_{(орг)} / C_{(вод)} \quad (5)$$

K_d және K тұрақты мәндер емес және элементтің концентрациясына, сондай-ақ ерітіндінің иондық құрамына және қышқылдыққа байланысты. Сондықтан әдебиетте берілген таралу коэффициенттерінің мәндері белгілі бір экстракция жағдайларына сәйкес келеді: бастапқы сулы фазадағы элементтің концентрациясы, сулы және органикалық фазалардың құрамы және т.б.

Экстракциялау процесінің тағы бір сипаттамасы негізгі металға (Me_1) қатысты экстрагенттің селективтілігі (селективтілігі) болып табылады, ол берілген металдар жұбы үшін (Me_1 және Me_2) бөлу коэффициентімен анықталады:

$$\beta_{Me_1/Me_2} = K_1/K_2 \quad (6)$$

Практикада $\beta \geq 2$ экстракциялық жүйелер қолданылады, өйткені төменгі мәндерде мақсатты металды қоспалардан толық алу және тазарту үшін қажетті экстракция қадамдарының саны (қайталанатын кезең) күрт артады.

Экстракция дәрежесі (ε) екі фазадағы оның құрамынан органикалық фазаға металды алудың пайызын сипаттайды. Сулы және органикалық фазалардың бірдей көлемінде:

$$\varepsilon = \frac{C_{орг} \cdot 100}{C_{орг} + C_{вод}} = \frac{(C_{орг}/C_{вод}) \cdot 100}{(C_{орг}/C_{вод}) + 1} = \frac{K \cdot 100}{(K + 1)} \quad (7)$$

Сулы $V_{сулы}$ және органикалық $V_{орг}$ фазаларының әртүрлі көлемдерінде:

$$\varepsilon = \frac{C_{орг} V_{орг} \cdot 100}{C_{орг} V_{орг} + C_{вод} \cdot V_{вод}} = \frac{C_{орг} \cdot 100}{C_{орг} + C_{вод} V_{вод}/V_{орг}} = \frac{100K}{K + V_{вод}/V_{орг}} \quad (8)$$

Экстракциялық процестердің классификациясы. Электролиттердің сулы ерітінділеріндегі металдар гидратталған иондар түрінде болады. Гидратацияның нақты бос энергиясы әдетте 40 (Me^+ , H^+) - 130 (Me^{3+}) кДж/моль. Экстракцияның байқалуы үшін бұл энергия экстрагентпен әрекеттесу арқылы өтелуі керек, яғни. 40÷130 кДж/моль ретті сольватацияның бос энергиясы қажет, ол гидрофобты қосылыс алу үшін электрлік бейтарап молекула түзілгенде немесе гидратация қабығынан ішінара босатылғанда мүмкін болады. Бұл шартқа жауап беретін органикалық заттарды екі топқа бөлуге болады. Бірінші топқа бейтарап экстрагенттер – молекулалары экстракцияланған ионмен координациялық байланыстар (донор-акцепторлық тип) түзуге қабілетті органикалық заттар жатады. Екінші топқа органикалық қышқылдар мен олардың тұздары, органикалық негіздер мен олардың тұздары жатады, олар су ерітіндісімен жанасқанда экстрагент құрамына кіретін бейорганикалық катионды немесе

ерітіндіде орналасқан аттас ионмен алмасуға қабілетті. Бұл жағдайда экстракцияның орын алу шарты сулы ерітіндіден алынған иондармен салыстырғанда органикалық фазадан сулы фазаға өтетін иондардың гидратация энергиясының жоғары болуы болып табылады.

Бұл топтың экстрагенттері сұйық ион алмастырғыштар деп аталады. Олар алмасатын иондардың түріне қарай катион алмасу және анион алмасу болып екіге бөлінеді. Катионалмастырғыш экстрагенттерге су ерітіндісімен жанасқанда экстрагент құрамына кіретін бейорганикалық катионды сулы ерітіндіде кездесетін ұстағыш ионға алмастыруға қабілетті органикалық қышқылдар және олардың тұздары жатады [5-7].

Экстракцияның теориялық негізі осы процесті зерттеудің маңызды аспектісі болып табылады. Бұл процесс өнеркәсіпте дүние жүзіндегі ең маңызды металдардың бірі болып табылатын мысты бөліп алу үшін кеңінен қолданылады.

Мысты бөліп алу принципі әртүрлі еріткіштерде мыстың ерігіштігінің айырмашылығына негізделген. Әдетте, мысты бөліп алу үшін ксантаттар, дитиофосфаттар және оксидтер сияқты органикалық еріткіштер қолданылады. Бұл еріткіштер органикалық фазада оңай еритін мыс иондарымен комплекстер түзеді.

Мысты бөліп алу механизмін келесідей сипаттауға болады. Руда алдымен ұсақталып, ұсақ фракция алу үшін ұнтақталады. Содан кейін кен органикалық еріткіші бар су реагент ерітіндісімен араластырылады. Реагент мыс иондарымен комплекстер түзеді де, олар органикалық фазаға өтеді [8].

Осыдан кейін органикалық және сулы фазалар бөлінеді. Органикалық фазада еріген мыс, ал сулы фазада қалған кен және басқа қоспалар болады. Фазаны бөлу центрифугалау, тұндыру немесе мембраналарды қолдану сияқты әртүрлі әдістерді қолдану арқылы жүзеге асады [9].

Алынған органикалық фазада мыс бар, сондықтан ол таза металл алу үшін одан әрі өңделеді. Бұл қоспаларды кетіру үшін еріткіштерді пайдалануды немесе мысты тұндыру үшін электролизді қамтуы мүмкін.

Мысты бөліп алу принциптері мыстың және оның қосылыстарының химиялық қасиеттеріне негізделген. Мыстың күкіртке, оттегіге және бірнеше басқа элементтерге жоғары жақындығы бар, бұл оны осы элементтерді қамтитын органикалық еріткіштерде еритін етеді. Бұл рудадан немесе басқа көздерден мысты тиімді алуға мүмкіндік береді.

Дегенмен, мыс өндіру процесі күрделі болуы мүмкін және белгілі бір шарттарды талап етеді. Мысалы, ерітіндінің рН, температура және реагент концентрациясы процестің тиімділігіне әсер етуі мүмкін. Сондай-ақ мыс өндіру процесінің энергетикалық және экологиялық аспектілерін ескеру керек.

Мысты бөліп алудың маңызды аспектісі реагент таңдау болып табылады. Әртүрлі реагенттер мысты бөліп алуда әртүрлі қасиеттерге және тиімділікке ие болуы мүмкін. Кейбір реагенттер төмен рН кезінде тиімдірек болуы мүмкін, ал басқалары жоғары рН кезінде тиімдірек болуы мүмкін.

Сонымен қатар, реагент таңдау кен немесе мыс көзінің түріне байланысты болуы мүмкін. Мысалы, оксидті кендерден мысты бөліп алуда және сульфидті

кендерден мысты бөліп алу үшін әртүрлі реагенттер қолданылады. Бұл кендердің химиялық құрамы мен қасиеттерінің әртүрлілігіне байланысты.

Сондай-ақ, мыс өндіру процесінің экономикасын қарастырған жөн. Кейбір реагенттер қымбат немесе тапшы болуы мүмкін, бұл процестің құнына әсер етуі мүмкін. Сондықтан аз шығынмен мысты тиімді алуды қамтамасыз ететін реагенттерді таңдау маңызды.

Сонымен, мысты бөліп алудың теориялық негізіне осы процестің принциптері мен механизмдері кіреді. Принциптер әртүрлі еріткіштердегі мыстың ерігіштігінің айырмашылығына негізделген және механизмдер руданы реагентпен араластыру, фазаны бөлу және мысты одан әрі өңдеу сияқты әртүрлі технологиялық қадамдарды қамтиды. Реагент таңдау, ерітіндінің рН, температура және реагенттер концентрациясы мысты бөліп алу процесінің тиімділігі мен экономикалық орындылығына әсер ететін маңызды факторлар болып табылады.

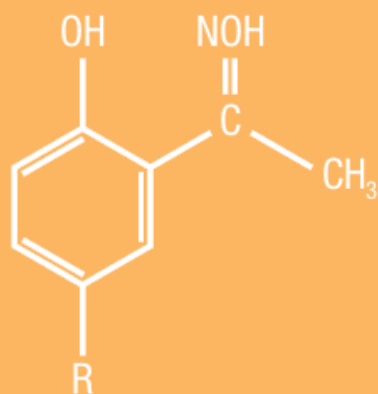
1.2 Қолданыстағы реагенттер

Экстракция процедурасының негізгі аспектісі органикалық экстракция реагенттерін таңдау және комбинациялау болып табылады. Бұл реагенттер бастапқы инвестициялардың едәуір бөлігін ғана емес, сонымен қатар оларды таңдау операциялық және процедуралық сипаттамаларға, соның ішінде рН деңгейі мен температуралық жағдайларға әсер етеді. Бұл өз кезегінде бүкіл технологиялық тізбекке әсер етеді, өйткені қоспаларды бақылау, сіңіру және босату кинетикасы және шаймалау процесінің модификаторларының немесе электрохимиялық экстракция катализаторларының тұрақтылығы сияқты параметрлер таңдалған органикалық реагенттің қасиеттеріне байланысты. Керісінше, реагенттің құрамы белгілі бір кен мен кері реакция үшін оңтайландырылғандықтан, экстракцияның максималды тиімділігіне қол жеткізуге және экстракция процесін жақсартуға болады.

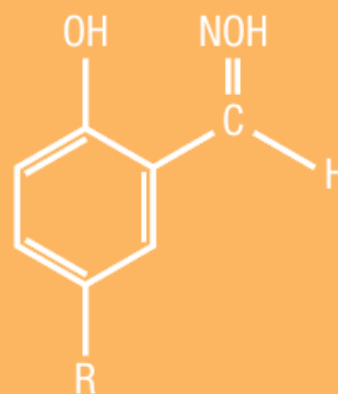
Тотыққан рудалардан, төмен сұрыпты қайталама сульфидті рудалардан және бастапқы сульфидті концентраттардан мысты еріткішпен экстракциялау арқылы сулы қышқылды немесе аммиак ерітінділерін пайдалана отырып, 1960 жылдардың аяғынан бастап сілтілеу тәжірибеде. Уақыт өте келе осы еріткіштерді экстракциялау процестерінде қолданылатын LIX 984N 984N реагенттері (гидроксиоксим хелату агенттері) тиімдірек, таңдаулы және пайдалану үнемді бола бастады.

Мыс жалататын еріткіштерді алу процесінің артықшылықтары мен мақсаттары – мысты тазарту, мысты концентрлеу және мысты тұтынушыларға қажетті металл өнімдерін, соның ішінде катодтарды, ұнтақтарды және кристалдарды алуға мүмкіндік беретін пішінге айналдыру [10].

Оксим экстрагенттері



Кетоксим R = C₉H₂₅



Альдоксим R = C₉H₂₅ or C₁₂H₂₅

Мыстың тепе-теңдік реакциясы



3 - сурет – Кетоксим және альдоксим реагенттерінің химиялық құрылымдары

Мысты бөліп алу үшін қолданылатын реагенттердің негізгі түрлері альдоксимдер мен кетоксимдер болып табылады. Кетоксим реагенттері 1968 жылы 2-гидроксибензофенон негізіндегі оксимдерді қолдана отырып, мыс экстракциясын өнеркәсіптік қолдану басталғаннан кейін көп ұзамай жасалды. Әрі қарай 2-гидрокси-5-нонилацетофенон негізіндегі кетоксим реагенттері құрылды, олар құрамында мыс мөлшері аз сұйытылған қышқыл ерітінділеріне қолайлы болып шықты. Альдоксим реагенттерін ACORGA Limited компаниясы 1979 жылы 5-нонилсалицилалдоксим негізінде жасаған. Бұл реагенттер кетоксимге қарағанда күшті болып шыққандықтан, оларды қалдық электролиттерден бөліп алу белгілі бір қиындықтар туғызды [11].

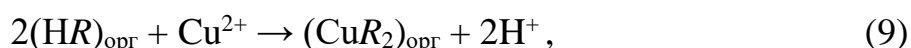
Альдоксимді реагенттерге хелатталмайтын модификаторларды қолдану бірқатар бағыттарда экстракция тиімділігін арттыруға ықпал ететіні анықталды. Осындай алғашқы модификатор болған алкилфенол альдоксим реагенттерінің коммерциялануына серпін берді. Алифатты спирттерді енгізу мыс:темір арақатынасына қатысты селективтілікті жақсартты, фазалардың бөлінуін тездетті және экологиялық ыдырауға төзімділікті арттырды. Эфирлермен өзгертілген реагенттер темірмен салыстырғанда мыс селективтілігін жоғарылатады және физикалық сипаттамаларын жақсартады, бұл үшінші фазаның (CRUD) жоғалуы мен пайда болу ықтималдығын азайтады [12]. Бүгінгі таңда эфирлермен модификацияланған альдоксимді реагенттер, әсіресе процесс схемалары қолданыстағы жабдықпен және еріткіштермен шектелмейтін жаңа өндірістерде белсенді қолданылады.

1.3 Қышқылдық деңгейін реттеу

Қышқылдық деңгейін реттеу сұйық экстракция процесінде негізгі операциялық параметр болып табылады. Бұл кәсіпорынның жұмысына бірталай әсер етеді. Біріншіден, органикалық реагенттерді тиеу және түсіру тепе-теңдігі рН-қа тікелей байланысты.

Мыстың су фазасынан органикалық фазаға өтуін қамтамасыз ету үшін ерітіндінің (PLS) рН-ы дәл сақталуы керек, ал органикалық фазаны тиімді тазарту үшін электролит жоғары рН қажет. Бұл параметрлерді дұрыс басқармау органикалық реагенттің жүктелу қабілетін және реакция жылдамдығын төмендетуі мүмкін. Қышқылдықты бақылау әдістеріне PLS ерітіндісінің электролитпен ластануын болдырмау үшін судың органикалық фазаға тасымалдануын азайту, негізгі тұздар немесе әк арқылы артық қышқылды бейтараптандыру және электролиттен қайтарылатын ағындарды ұқыпты басқару кіреді.

Қышқыл мен мысқа бай ерітінділермен жұмыс істеу кезінде қышқылдықты басқару қиынға соғуы мүмкін. Мысты бөліп алу процесі осы теңдеумен сипатталатын сулы фазада қышқылдың пайда болуына әкеледі:



Сулы ерітіндіден алынған әрбір моль мыс үшін ол екі моль протонмен ауыстырылады, бұл бір моль күкірт қышқылына тең. Мыс мөлшері аз ерітінділерде бұл өзгеріс маңызды емес, өйткені жүйеде мыс концентрациясы аздап өзгереді. Бірақ мыс мөлшері жоғары ерітінділерде, мысалы, мыс концентрациясы 40 г/л-ден асатын қысымды концентратты тотықтыратын ерітінділерде теңдеу электролит қышқылдығының айтарлықтай өсуіне әкеледі. Бұл тепе-теңдікті реэкстракцияға қарай жылжыту арқылы органикалық экстрагенттің жүктемесіне әсер етуі мүмкін. Бұл мәселені шешудің бірнеше жолы бар. Араластырғыштардағы қышқылды тікелей бейтараптандыру – бұл қосымша жабдықты немесе технологиялық схеманы өзгертуді қажет етпейтін, бірақ реагенттерге жоғары шығындармен ең қарапайым және қымбат әдіс. Балама тәсіл – қышқылдың ион алмасу шайырларымен адсорбциясы, нәтижесінде шектеулі қолданылуы бар сұйылтылған қышқыл пайда болады [13].

Аралық өнімді әк немесе карбонатпен ішінара бейтараптандыру үшін жүктеу фазасын бірнеше бөлікке ұйымдастыруға болады. Бұл гипсті кейінгі өңдеу қажеттілігін тудырады. Bateman Engineering компаниясы Замбиядағы Chambishi Metals үшін қышқыл экстрагентті қолдану арқылы экстракция әдісін әзірледі. Мұндай шешімнің тиімділігі нақты кен орнына байланысты, мұнда негізгі фактор бейтараптандыратын заттардың құны болып табылады.

Қышқылдық сонымен қатар крад деп аталатын құбылыс арқылы процестің тиімділігіне әсер етуі мүмкін. рН жоғарылаған аймақтардың пайда болуы үлкен көлемді және тығыздығы төмен кремнеземді гель-крадтың пайда болуына ықпал етуі мүмкін, ал бұл құбылыс өз кезегінде басқаруда біршама қиындықтар туғызады. Бұл аспектілер мыс экстракциясының барлық кезеңдерінде рН деңгейін қатаң бақылау қажеттілігін көрсетеді [14].

1.4 Крад

Крад – бұл су фазасын ұсақ бөлшектермен және органикалық экстрагент фазасымен араластыру арқылы пайда болатын тұрақты эмульсия. Тұндыру цистернасындағы органикалық және су фазалары арасындағы интерфейсте жұқа және тығыз крад қабатының болуы фазалар арасындағы ластанудың азаюына оң әсер етеді және олардың бөлінуін тездетеді. Алайда, крадты мұқият бақылау қажет, өйткені оның артық мөлшері жүйеге таралуы мүмкін және процестің келесі кезеңдерінде проблемалар тудыруы мүмкін. Крад әдетте массасы бойынша кем дегенде 50 % органикалық материалдан тұратынын ескере отырып, құнды органикалық экстрагентті қайтару үшін крадты центрифугалау немесе саз қосу арқылы өңдеу әдістері қолданылады [15, 16].

Крад – экстракция қондырғыларында жиі кездесетін проблема болып табылады және оны толық өндірістік цикл жағдайында қалыптастыру күрделі процесс болып табылады. Кремний диоксиді сияқты қатты заттар көбінесе эмульсия тұрақтандырғыштары ретінде әрекет етеді, бірақ қоюлатқыштар арқылы өтетін 2 микроннан аз кез келген ұсақ қатты заттар крадтың пайда болуына ықпал етуі мүмкін. Мыс экстракциясында саз, ярозит, гипс, кварц және слюда сияқты заттар крад түзеді [17, 18].

Қарқынды араластыру нашар тұнатын және бөлшек беті үлкен аумақты алатын микро тамшылардың пайда болуына әкелетін қатты итеру күштері арқылы крадтың пайда болуын күшейтуі мүмкін. Сонымен қатар, флотация процесінде қолданылатын коагулянттар мен флокулянттар крадтың пайда болу ықтималдығын арттыруы мүмкін, әсіресе модификаторлар бөлшектердің гидрофобтылығын арттырса, бұл оларды гидрофильді бөлшектермен салыстырғанда крадты тұрақтандыруға қабілетті етеді [19].

1.5 Ерітіндінің температурасы

Экстракция сатысына түсетін ерітінді температурасы әрқашан бөлме температурасына жақын бола бермейді. Қыздырылған атмосфералық шаймалау және қысыммен тотығу ағындары шаймалау реакторларынан алғаш шыққан кезде қайнау температурасына жақын болуы мүмкін. Салқындату мұнаралары пайдаланылса да, ағын бөлме температурасынан жоғары болуы мүмкін. Экстракция процесіне кіретін шаймалау ерітіндісінің температурасы

органикалық заттардың химиялық және физикалық қасиеттерін өзгертеді. Органикалық заттардың жоғары температурасы гидролитикалық деградацияның жоғарылауына және сұйықтықтың тұтқырлығының жоғарылауына әкеледі, араластыру немесе тұндыру қасиеттерін өзгертеді [20]. Егер органикалық реагенттердің аралас құрамы қолданылса, егер бір реагент басқаларға қарағанда температураға сезімтал болса, құрамы уақыт өте келе өзгеруі мүмкін. Температураның жоғарылауы булану нәтижесінде органикалық еріткіштің жоғалуын арттырады [21]. Сол сияқты, бұл өрт қаупін және басқа қауіпсіздік қатерін арттырады.

1.6 Әлемдегі мыс кендерінің кен орындары

Мыс кен орындары қорлардың көлеміне қарай жіктеледі: ең үлкені Чилидегі Эль — Теньенте және Чукикамата сияқты 5 миллион тоннадан астам мыс, өте үлкені 1-5 миллион тонна, орташа мөлшері 200 мыңнан 1 миллион тоннаға дейін, ал кішісі 200 мың тоннадан аз мыс [22]. Кендердің құрамы әр түрлі: бай кендерде мыс мөлшері 2,5-3 %, қарапайым кендерде 1-2,5 %, ал кедейлерде 0,5 % — дан аз.

Өнеркәсіптік мыс кен орындары бірнеше түрге бөлінеді: магмалық, карбонатит, скарн, плутоногендік гидротермиялық, вулканогендік гидротермиялық, колчедан және стратиформды. Магмалық кен орындары құрамында 1-2 % мыс пен никель, сондай-ақ кобальт, алтын, платина және басқа элементтер бар сульфидті мыс-никель және мыс-ванадий кешенді кендерімен сипатталады. Негізгі кенді емес минералдар – плагиоклаз және пироксен. Мысалы, Ресейдегі (Печенга, Аллареченское, Мончегорское, Талнах, Октябрьское, Норильск), Финляндиядағы (Пори), Швециядағы (Клевая), Канададағы (Садбери, Томпсон), АҚШ-тағы (Стиллуотер) және Оңтүстік Африкадағы (Бушвельд, Инсизва) кен орындары жатады.

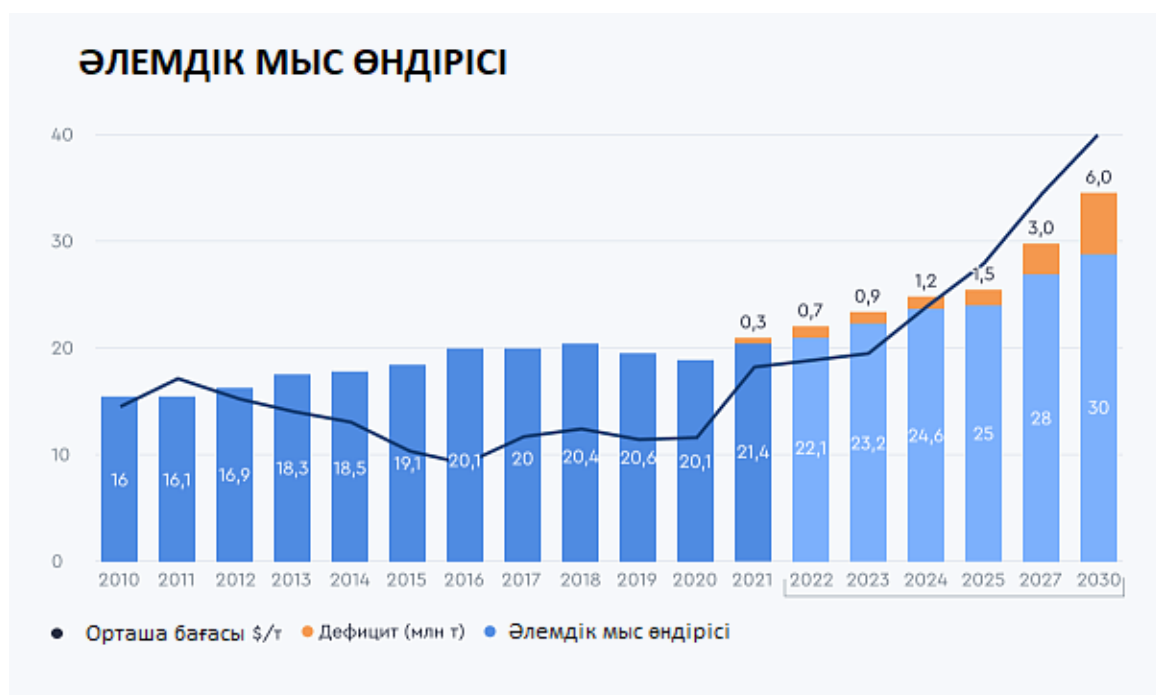
Вулканогендік гидротермиялық кен орындарына сирек кездесетін табиғи мыс түзілімдері жатады, мысалы, АҚШ-тағы Супериор көлінде, сондай-ақ Әзірбайжанда, Оралда, Кола түбегінде, Қазақстанда және таулы Шорияда. Құрамында мыс пен мырыш бар колчедан кен орындары Оралда, Мугоджарда, Кавказда, Түркияда, Кипрде, Болгарияда, Испанияда, Норвегияда, Швецияда, АҚШ-та, Канадада және Жапонияда бар екені белгілі. Кендер негізінен құрамында 40 % күкірт, 3-5 % мыс және 2-4 % мырыш, сондай-ақ кадмий, селен және теллур бар темір сульфидтерінен тұрады.

Оңтүстік Африкадағы Палабор сияқты карбонатит кен орындары өте сирек кездеседі және құрамында мыс, магнетит және фосфат шикізаты бар. Скарн кен орындары күрделі болып келеді, олардың ішінде молибден, кобальт, висмут, селен, теллур, темір, қорғасын, сурьма, мышьяк, никель, қалайы және вольфрам бар. Осындай кен орындары Қазақстанда, Ресейде, АҚШ-та, Мексикада және басқа елдерде белгілі, құрамында мыс мөлшері жоғары, бірақ біркелкі емес.

Плутогендік гидротермиялық кен орындарына мыс-порфир және тамырлы кен орындары жатады. Мыс-порфирлі кен орындарында порфирлі интрузияларда бай емес мыс немесе молибден-мыс кендері болады және олар Қазақстан, Өзбекстан, Закавказье, Чили, Перу, Панама, АҚШ, Канада және басқа елдерде белгілі. Қазақстандағы Шатыркөл және Жайсан кен орындары, Болгариядағы Рсен және Вирли Бряг, АҚШ-тағы Бьютт және Магма, Кубадағы Матаамбра және Эль-Кобра сияқты кен орындары мыс пен асыл металдардың көп мөлшері бар едәуір тереңдіктер мен ұзындықтарда байқалатын қуатты кен тамырларымен сипатталады.

Гидротермиялық кен орындарына мыс-порфир, кварц-сульфид және табиғи мыс кен орындары жатады [23].

Мыс өндірісі. Rystad Energy консалтингтік компаниясы 2030 жылға қарай 6 миллион тоннаға жуық мыс тапшылығын болжап отыр, бұл қазіргі әлемдік өндірістің 28 %-ына тең және 2035 және 2045 жылдар аралығында жұмыс істеп тұрған кеніштердегі мыс концентратының ағымдағы қорлары толығымен таусылады. Осы факторларға байланысты мыс бағасы литий мен кобальт бағасы бұрын көтерілген сияқты экспоненциалды түрде өсуі мүмкін.



4 - сурет – Дүние жүзіндегі мысты өндіру, млн т

Суретте көрсетілгендей алғашқы мыстың әлемдік өндірісінің динамикасы, сондай-ақ 2027 жылға қарай сұраныс пен бағаның өсу болжамы көрсетілген. 2025 жылдан бастап мыс 2030 жылға қарай 6 миллион тоннаға немесе қазіргі әлемдік өндірістің шамамен 28 % жетуі мүмкін ұзақ мерзімді жеткізу тапшылығы кезеңіне енуі мүмкін. Бұл ретте жұмыс істеп тұрған кеніштердегі мыс концентратының ағымдағы қорының толық таусылуы шамамен 2035-2045 жылдар аралығында болжануда [24].

Қазақстан дәстүрлі түрде инвестиция тартатын мыс өнеркәсібі дамыған ел ретінде белгілі. Тау-кен өнеркәсібі секторында жер қойнауын пайдалануға инвестиция салудың негізгі бағыты 869,4 миллион доллар инвестициясы бар уран саласы болып табылады, ал мыс өнеркәсібі 2016 жылы 781,1 миллион доллар инвестициясымен екінші орында. Мыс концентратын алуды және тазартылған мыс шығаруды қоса алғанда, Қазақстанда мыс өндірісі тұрақты өсуді көрсетеді [25].

Қазақстандағы ең ірі мыс өндірушілердің қатарында: 2016 жылы 0,23 миллион тонна мыс өндірген және мыс пен мырыш өндіретін "Қазақмыс", өндіру көлемі 0,18 миллион тонна "Kaz Minerals" және мыс, сондай-ақ "ҚазМырыш" өндіретін өнімдер ассортименті бар компаниялар бар 0,5 миллион тонна мырыш, қорғасын, мыс және алюминийді қоса алғанда өнімдер [26].

"Kaz Minerals" корпорациясының негізгі бастамалары Бозшакөл және Ақтоғай кен орындарын игеруге бағытталған. Бозшакөл КБК байыту зауыттары жыл сайын жобалық қуаттылыққа 30 миллион тонна кен жетеді деп жоспарлануда. Кеніштің болжамды қызмет ету мерзімі 40 жылдан асады, ал Кендегі мыс концентрациясы 0,36 % құрайды. Алғашқы он жыл ішінде өндіріс көлемі жылына 100 мың тонна мыс пен 120 мың унция алтынға жетеді деп күтілуде. Ақтоғай кен орнында мыс қоры 5,8 миллион тоннаға, ал молибден қоры 115 мың тоннаға бағаланады. Ақтоғай кенішінің қызмет ету мерзімі 50 жылдан асады деп болжануда, оның құрамында тотыққан кенде 0,37 % мыс және сульфидте 0,33 % мыс бар. Сульфидті кенді өңдейтін байыту фабрикасының жылдық өндірістік қуаты 25 миллион тоннаны құрайды.

Операциялық шығындарға келетін болсақ, Ақтоғай кен орны мыс өндіру жобалары арасында халықаралық деңгейде бәсекеге қабілеттілігін көрсетеді. Алғашқы он жылда өндірістік көлем сульфидті Кенден катодты эквивалентте 90 мың тонна мыс және тотыққан Кенден 15 мың тонна катодты мыс деңгейінде болжанады [26].

Катодты мыс өндірудің негізгі кезеңдері шаймалау, сұйық экстракция және электролиз болып табылады. Қазіргі уақытта Ақтоғай тау-кен байыту комбинатындағы үйінді сілтісіздендіру алаңы (ЖСП) үш қабаттан тұрады. Шіркеу үйінділерінің құрылысын тау-кен басқармасы жүргізеді. Біріншіден, пандус, содан кейін дәліздер, содан кейін сілтілеу төсеніштерінің өзі салынады, ең соңында, аумақтардың перколяциясын арттыру үшін беті қопсытылады. Суару жүйесі ретінде жаңбырлату жүйесі қолданылады. Ол ерітіндінің бүкіл сілтілеу алаңы бойынша біркелкі таралуын қамтамасыз етеді.

Шайма ерітінділерінің өзінде 3-4 % дейін күкірт қышқылы болады және бұл мөлшер мысты қажетті мөлшерде еріту үшін жеткілікті.

Ерітін мыс ПЦВ түбіндегі арнайы коллекторларға түседі. Олар ерітінділерді жинау, тұндыру және айдау үшін қызмет етеді. Өйткені, сайттың негізі қаныққан ерітінділердің құрастыру коллекторына түсуін қамтамасыз ететін етіп салынған, содан кейін олар бассейнге түседі. Тұтастай алғанда, үйінді сілтілеу алаңы негізінің топографиялық жағдайлары ерітінділердің біркелкі

ағынын қамтамасыз етеді. Қаныққан ерітінді құрамында темір, күкірт және мыс болғандықтан ашық жасыл түсті болады.

Әрі қарай, қаныққан ерітінді құбырлар арқылы арнайы PLS тоғанына түседі. Мұнда қаныққан ерітіндіге ганганың ұсақ қатты бөлшектері шөгеді. Ерітінді бетінде қалқып тұратын шарлар мен қақпақтар оны жазда буланудан қорғайды, ал қыста жылуды сақтайды.

Содан кейін мыс ерітіндісі экстракцияға және қайта экстракцияға жіберіледі. Экстракциялық цехтағы ерітінділердің түсі олардың құрамындағы мысға байланысты өзгереді.

Учаскеде күкірт қышқылы, еріткіш, экстрагент, кобальт сульфаты, диатомды топырақ, бентонит, тегістегіш және қышқыл тұманды басатын құрал қолданылады.

Қарапайым тілмен айтқанда, мұның бәрі ақыр соңында электролизді алу үшін қосылады - электр тогын пайдаланып ерітіндідегі мыс бөлшектерін батырылған болат пластиналардың бетіне тұндыру процесін бастауға болатын концентрациядағы ерітінді. Егер қышқыл мыс сульфатының ерітіндісіндегі тот баспайтын болаттан жасалған екі пластинаға шамамен 2,1 вольт қосылса, теріс зарядталған бөлікке таза мыс түседі. Мұнда қолданылатын шағын пластик шарлар электролиттің булануын азайтуға қызмет етеді. Салмағы 40 кг болатын бір катодты мысты тұндыру үшін шамамен 6-7 күн қажет.

Ақтоғай электр қуатын Қарағанды ГРЭС-тен алады, желінің ұзындығы 800 шақырымдай, кернеуі 220 кВ. Жазда электр энергиясын тұтыну азаяды, өйткені қаныққан ерітінділерді жылытуға арналған электр қазандық бөлімі өшірілген.

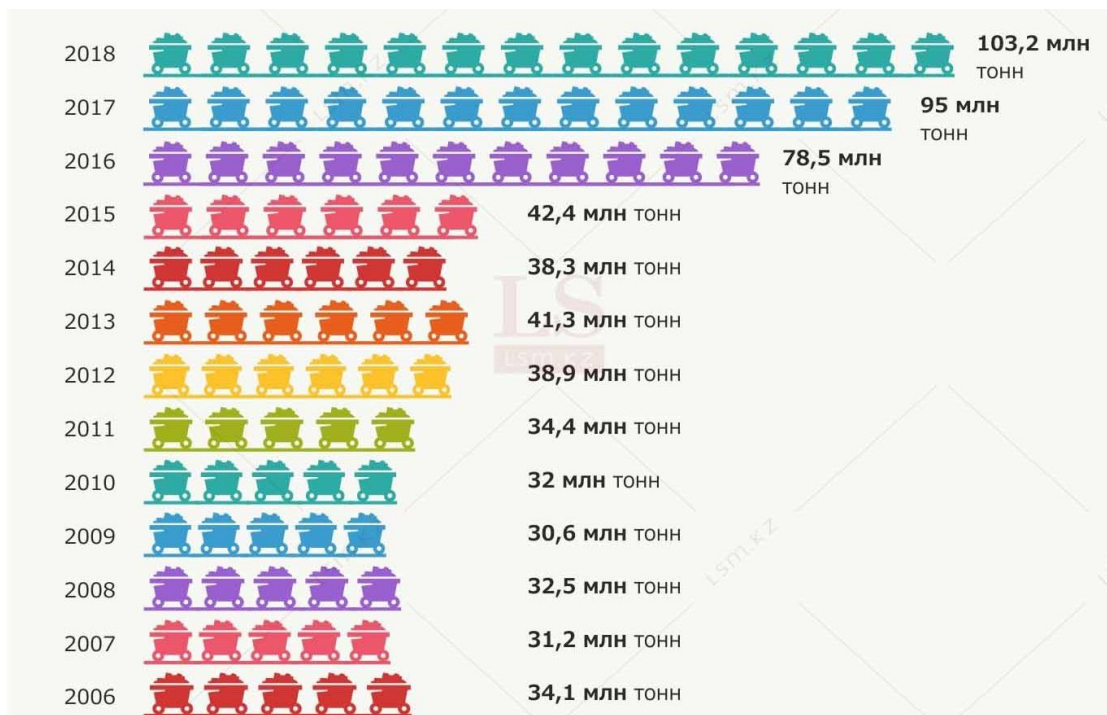
Катодты парақтар автоматтандырылған машинамен жойылады. Қабылдаушы конвейерге мыс қосылған катодты қаңылтырлар жүктеледі, содан кейін роботтар толық автоматты режимде катодтық негізден мыс қаңылтырларын жұлып алады. Бұл смарт машина мыс қаңылтырын қабылдау конвейерінен түсіру кезінде орау байламдарына дейін қадағалауға мүмкіндік береді.

Бір мыс парақтың салмағы 35 кг-нан 40 кг-ға дейін. Ақтоғай тау-кен байыту комбинатында мыс мөлшері шамамен 99,997 % құрайтын ең жоғары тазалықтағы катодты мыс шығарады.

Көптеген аудандарда өндіріс автоматтандырылған. Операторлардың негізгі міндеттеріне процесс параметрлерін бақылау және бақылау, сынамаларды алу, фазааралық қалдықтарды өңдеу, электролиз ванналарына қызмет көрсету, катодты тазарту машинасын басқару, катодты мыс сұрыптау және орау кіреді [27].

Әлемдегі SX-EW технологиясын қолдана отырып өндірілген мыстың үлесі жалпы мыс өндірісінің 30 % - на жетті және бұл селективті экстрагенттерді синтездеу саласындағы көптеген әзірлемелерге байланысты. SX-EW технологиясы бойынша катодты мыс өндірісінде негізінен модификаторлар қосылған және қосылмаған оксидим негізіндегі хелатталған экстрагенттер қолданылады [35].

Қазақстанда SX-EW технологиясы бойынша алғашқы мыс өндірісі 2004 жылы енгізілді. Соңғы жылдары іске асырылғандардың қатарына Қоңырат кен орнының тотыққан кендерінің үйінділерін пайдаланудың ірі жобалары [36], Ақтоғай және Бозшакөл кен орындарында карьерлік ірі тотыққан кендерді үймелі шаймалау, Аяк-Қожан, Ай және Ақтоғай кен орындарында ұсақталған кендерді үймелі шаймалау [37] жатады.



5 - сурет – Қазақстанда 1990 жылдан бері өндірілген мыс мөлшері, млн т

1990-2018 жылдары Қазақстанда 1,1 млрд тоннадан астам мыс кені өндірілді.

Статистика комитетінің мәліметінше, 1990 жылы мыс кенін өндіру 38,5 млн тоннаға жеткен.

Келесі бес жыл ішінде ол төмендеп, 1995 жылы 21,6 миллион тоннаны құрады. 1996 жылдан 2011 жылға дейін тау-кен кәсіпорындары 30-34 тонна мыс кенін өндірді. Ал 2012 жылы бұл көрсеткіш 1990 жылғы деңгейге жақындап, тіпті одан сәл асып түсті (38,9 миллион тонна). Кейін айтарлықтай өсу байқалды және 2016 жылы өндіріс төрт жылдық көрсеткіштен екі есе өсті.

2017 жылы бұл кеннің 95 млн тоннасы, ал 2018 жылы – 103,2 млн тонна өндірілді [40].

Аналитикалық әдебиеттерді шолудан қорытындылар:

– Қазақстан мыс өндіруден әлемде жетінші орында, мыстың 92 %-ы шет елдерге экспортталады;

– мыстың технологиядағы үлкен рөлі оның бірқатар құнды қасиеттерімен және ең алдымен жоғары электр өткізгіштігімен, иілгіштігімен және жылу өткізгіштігімен түсіндіріледі;

– мыстың жеткілікті үлкен кен қорына қарамастан, оның кендердегі мөлшері үнемі азайып, кен шикізатын өңдеудің гидрометаллургиялық әдістері бірте-бірте бірінші орынға шығуда;

– негізінен сульфидті мыс бар шикізаттар пирометаллургиялық әдістермен өңделеді;

– мыс металлургиясында қолданылатын негізгі гидрометаллургиялық процестер – әртүрлі табиғаттағы реагенттермен ерімейтін қосылыстарды шаймалау, цементтеу, ион алмасу, экстракциялау және тұндыру;

– экстракциялық процестерді жүзеге асыру үшін негізінен катионалмастырғыш экстрагенттер қолданылады, олардың ішінде хелаттар деп аталатын тұрақты күрделі қосылыстарды түзуге қабілетті және оны сулы ерітінділерден экстракциялаудың селективтілігін арттыруға мүмкіндік беретін хелаттандырушы реагенттер ерекше рөл атқарады;

– көбінесе мыс гидрометаллургиясында «шаймалау → экстракция (ион алмасу) → электролиз» схемасы қолданылады.

2 Эксперименттік бөлім

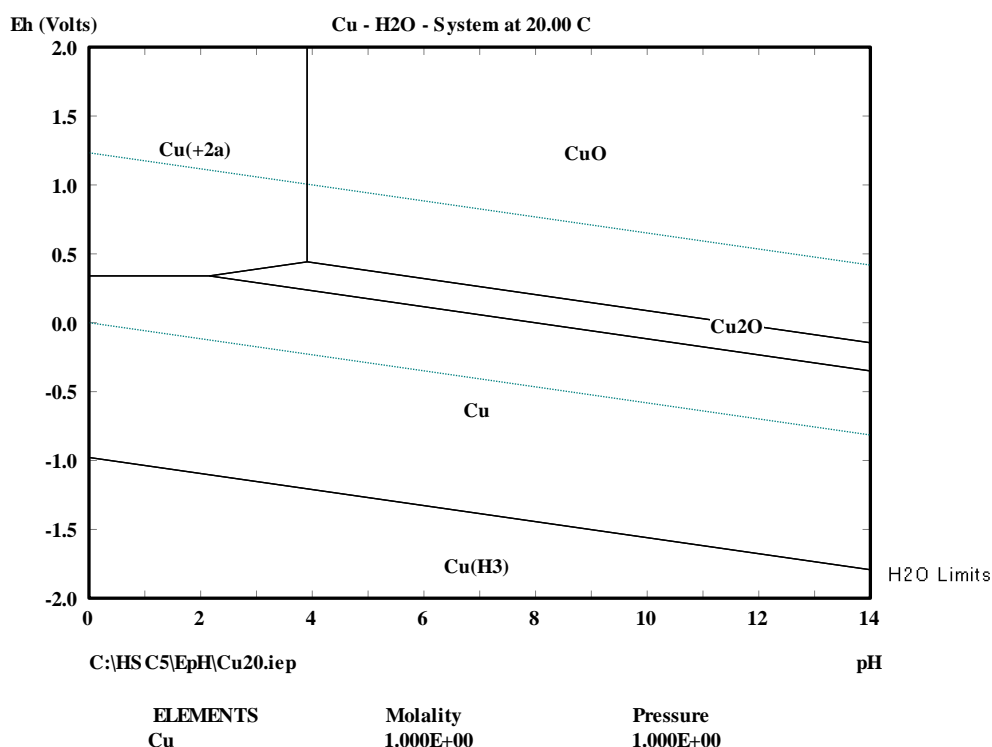
2.1 Термодинамикалық талдау

Біз «Cu -H₂O», «Cu-S-H₂O», «Cu-Fe-H₂O», «Fe-S-H₂O», «Mn-S-H₂O», «Mn-H₂O», «Si-S-H₂O», «Cu-Fe-S-H₂O» жүйелері үшін "потенциал – рН" тәуелділігін көрсететін Пурбэ диаграммаларын қолдана отырып, сулы және қышқылдық ортадағы металдардың сипаттамаларын болжау үшін термодинамикалық зерттеу жүргіздік.

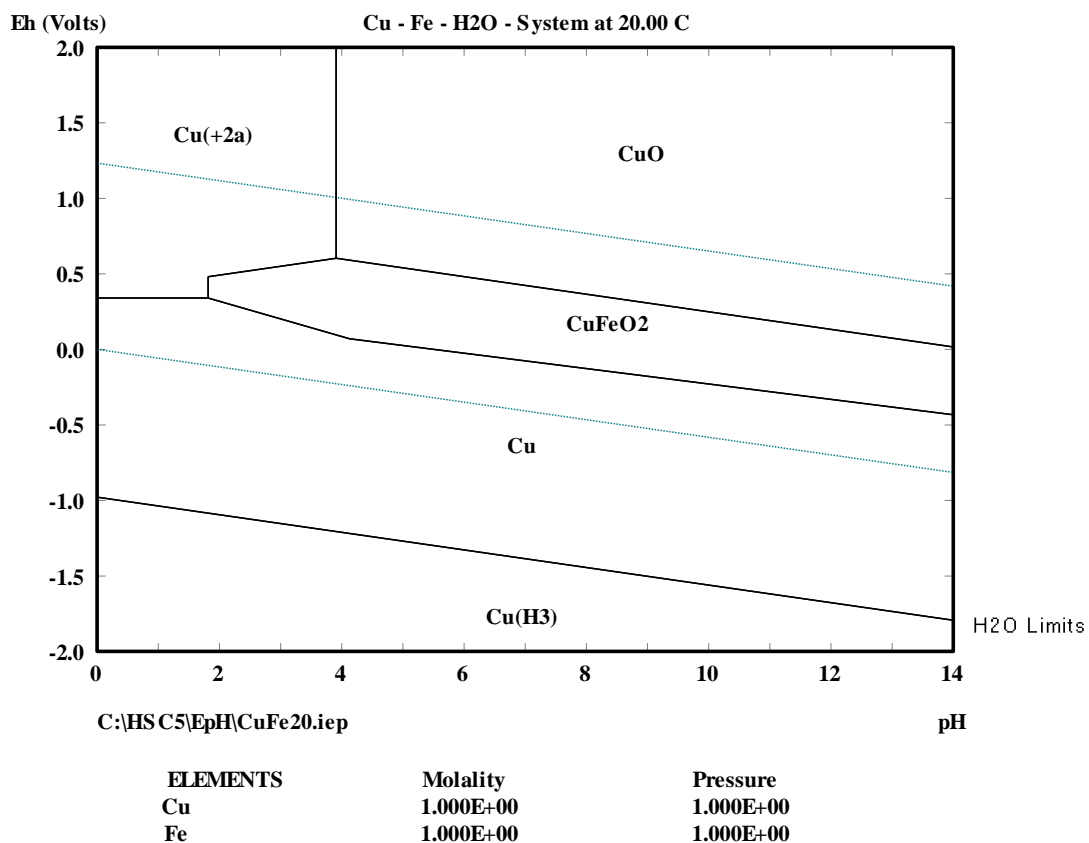
Термодинамикалық талдау үшін біз Outokumpu Ои компаниясы жасаған бағдарламаны қолдандық.

2.1.1 «Cu -H₂O», «Cu-Fe-H₂O» жүйелерін термодинамикалық талдау

10-11 – суреттерде көріп тұрғанымыздай, қышқыл ортада рН = 0 – 4 кезінде мыс ионы Cu²⁺ түрінде ерітіндіде болады. Тұрақты қатты фазалар – бұл элементтік мыс және оның Cu₂O және CuO оксидтері, Cu(H₃). Сонымен қатар, қосымша CuFeO₂ бар.



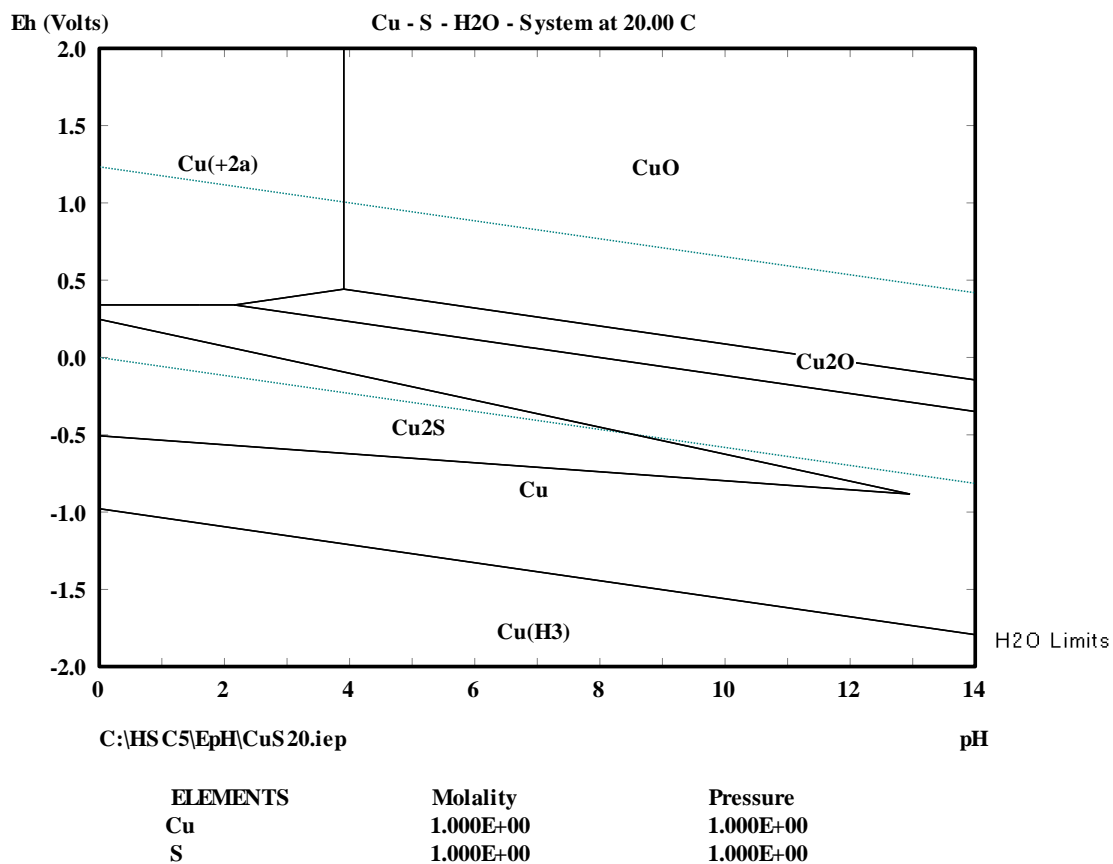
6 - сурет – «Cu -H₂O» жүйесінің "Потенциал-рН" диаграммасы



7 - сурет – «Cu-Fe-H₂O» жүйесінің "Потенциал-pH" диаграммасы

2.1.2 «Cu-S-H₂O» жүйелерін термодинамикалық талдау

Мыс сульфидтері тек тотықтырып шаймалау кезінде ғана ериді. Cu²⁺ мыс ионы тек потенциалы 0,46 В - тан жоғары, pH = 0 - 4 аралығында ғана болады.

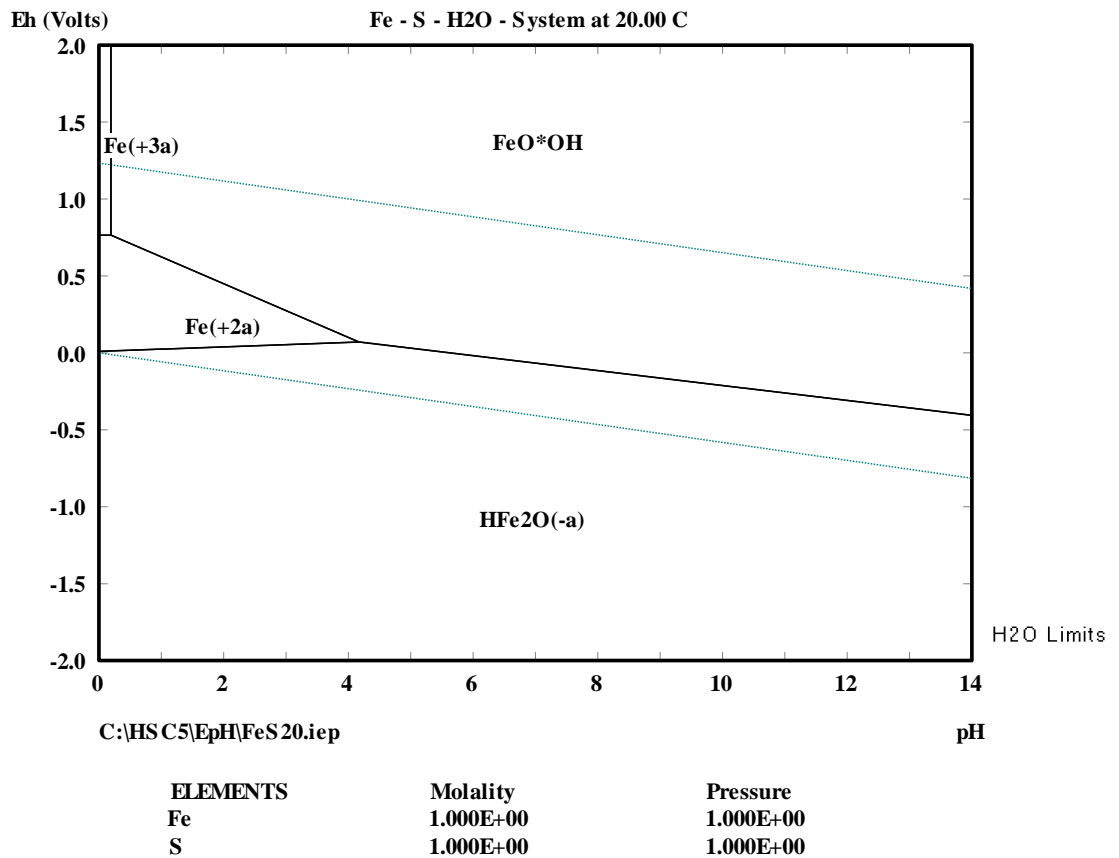


8 - сурет – «Cu-S-H₂O» жүйесінің "Потенциал-рН" диаграммасы

2.1.3 «Fe-S-H₂O» жүйелерін термодинамикалық талдау

«Fe-S-H₂O» жүйесінде ерітіндіде Fe²⁺ ионы + 0,75 В жоғары потенциалда болады және ол теңдеуге сәйкес Fe³⁺ дейін тотығуы мүмкін:



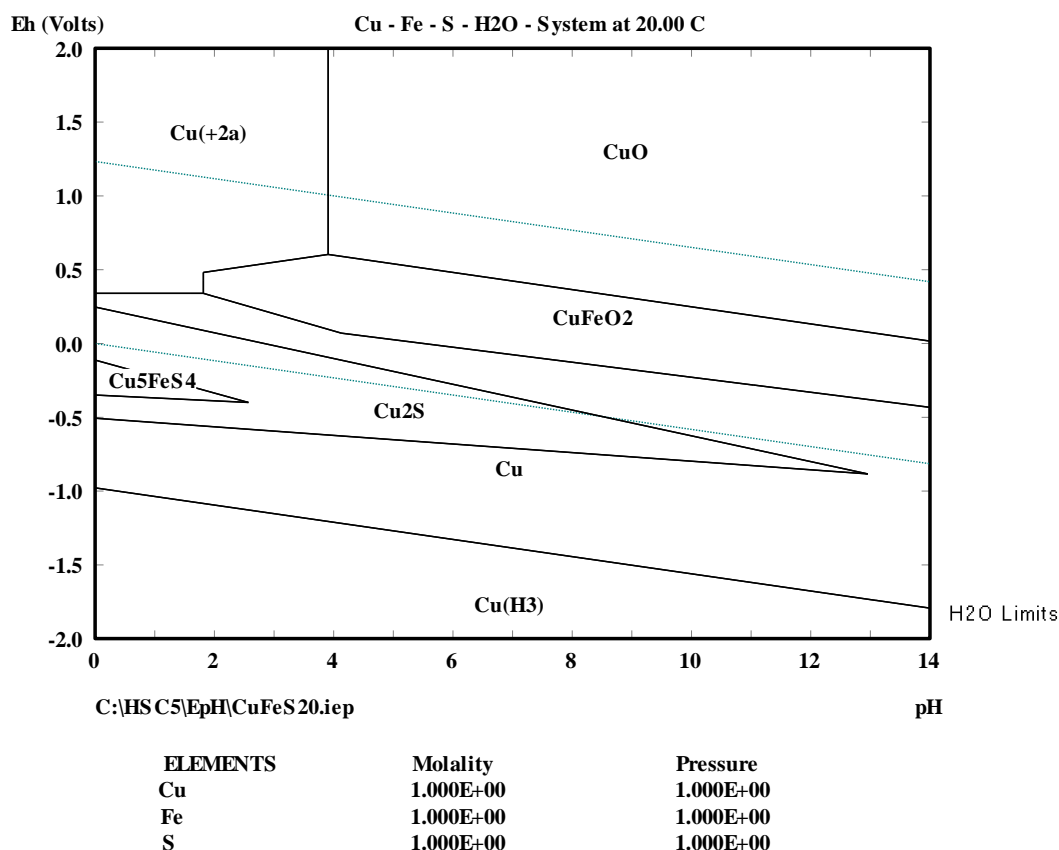


9 - сурет – «Fe-S-H₂O» жүйесінің "Потенциал-pH" диаграммасы

2.1.4 «Cu-Fe-S-H₂O» жүйелерін термодинамикалық талдау

Көбінде құрамында мыс бар кендерде негізгі тотыққан мыс минералдары және құрамында халькопирит бар. Сондықтан «Cu-Fe-S-H₂O» жүйесінің диаграммасын талдау оның негізгі компоненттерінің әрекетін болжауға көмектеседі.

pH = 0 – 4 аралығында және потенциалы + 0,3 – тен жоғары болғанда «Cu-Fe-S-H₂O» жүйесінде мыс Cu²⁺ ионы түрінде болады. pH = 4 – 14 аралығында мыс тотығып, CuO-ға өтеді.

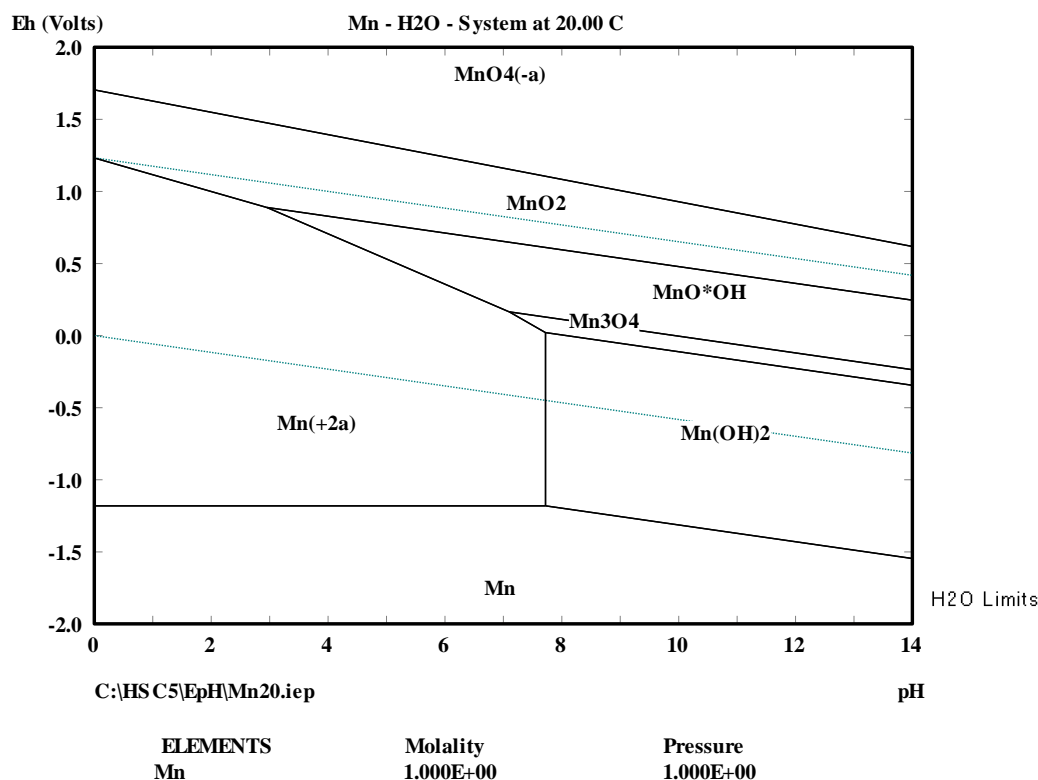


10 - сурет – «Cu-Fe-S-H₂O» жүйесінің "Потенциал-рН" диаграммасы

2.1.5 «Mn-H₂O», «Mn-S-H₂O» жүйелерін термодинамикалық талдау

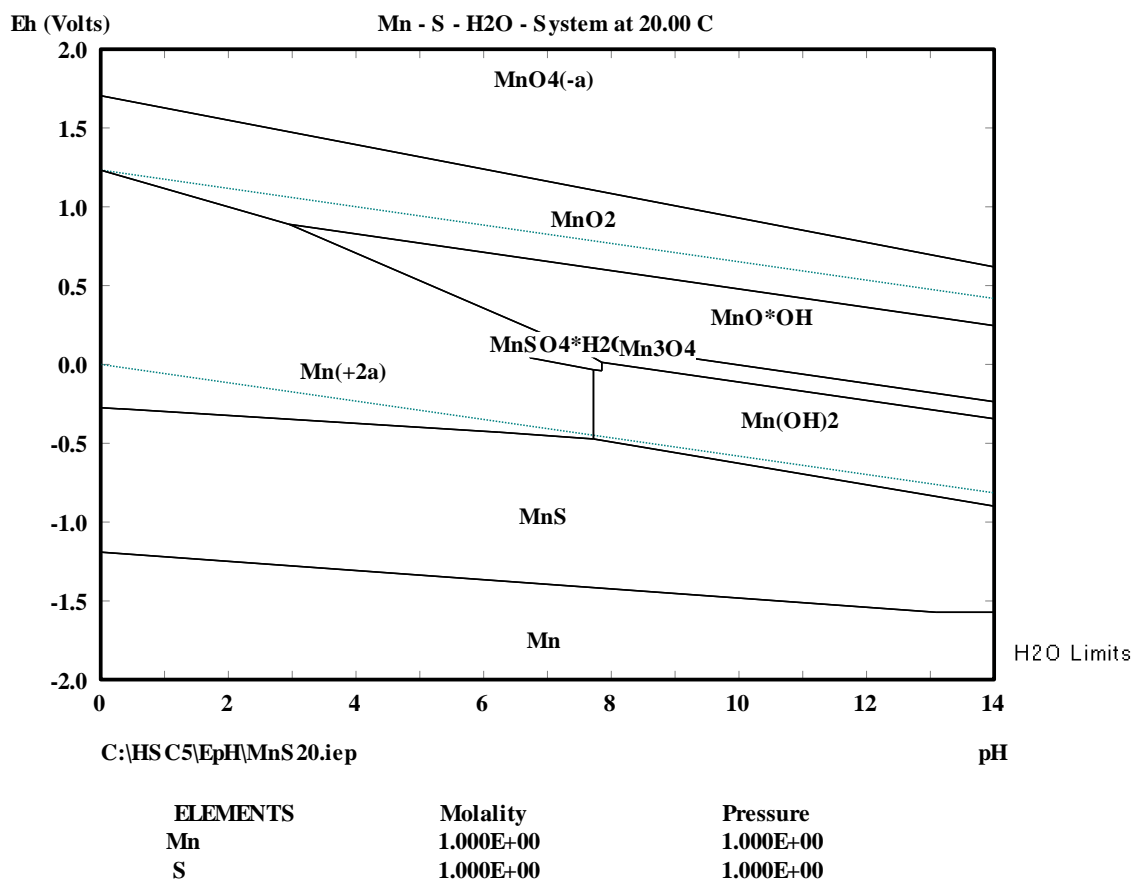
«Mn-H₂O» жүйесінің Пурбэ диаграммасы Outotec HSC Chemistry Software программасы көмегімен жасалған.

«Mn-H₂O» диаграммасынан рН = 0 - 7,7 және потенциалы - 1,2 + 1,2 аралығында ерітіндіде марганец Mn²⁺ катионы түрінде болатынын көруге болады. рН = 7,7-ден жоғары болғанда суда ерімейтін марганец гидроксиді Mn(OH)₂ түзіледі.



11 - сурет – «Mn-H₂O» жүйесінің "Потенциал-pH" диаграммасы

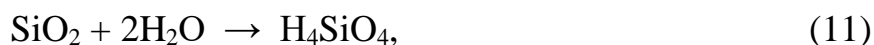
«Mn-S-H₂O» жүйесінің Пурбэ диаграммасында сульфат ерітіндісінде де марганец pH = 0 - 7,7 аралығында және потенциалы - 0,3 + 1,2 В аралықта Mn²⁺ катионы түрінде болады. Барлық pH мәндеріндегі тотығу потенциалының төмендеуімен марганец MnS сульфидті қосылысына ауысады. Тар, сілтілі аймақта потенциалдың жоғарылауымен pH = 7 – 14 аралығында Mn марганец сульфаты түрінде болуы мүмкін. Тотығу потенциалының жоғарылауымен барлық pH мәндерінде алдымен MnO₂ қосылысы, содан кейін MnO₄⁻ анионы түзіледі.



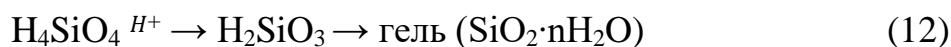
12 - сурет – «Mn-S-H₂O» жүйесінің "Потенциал-pH" диаграммасы

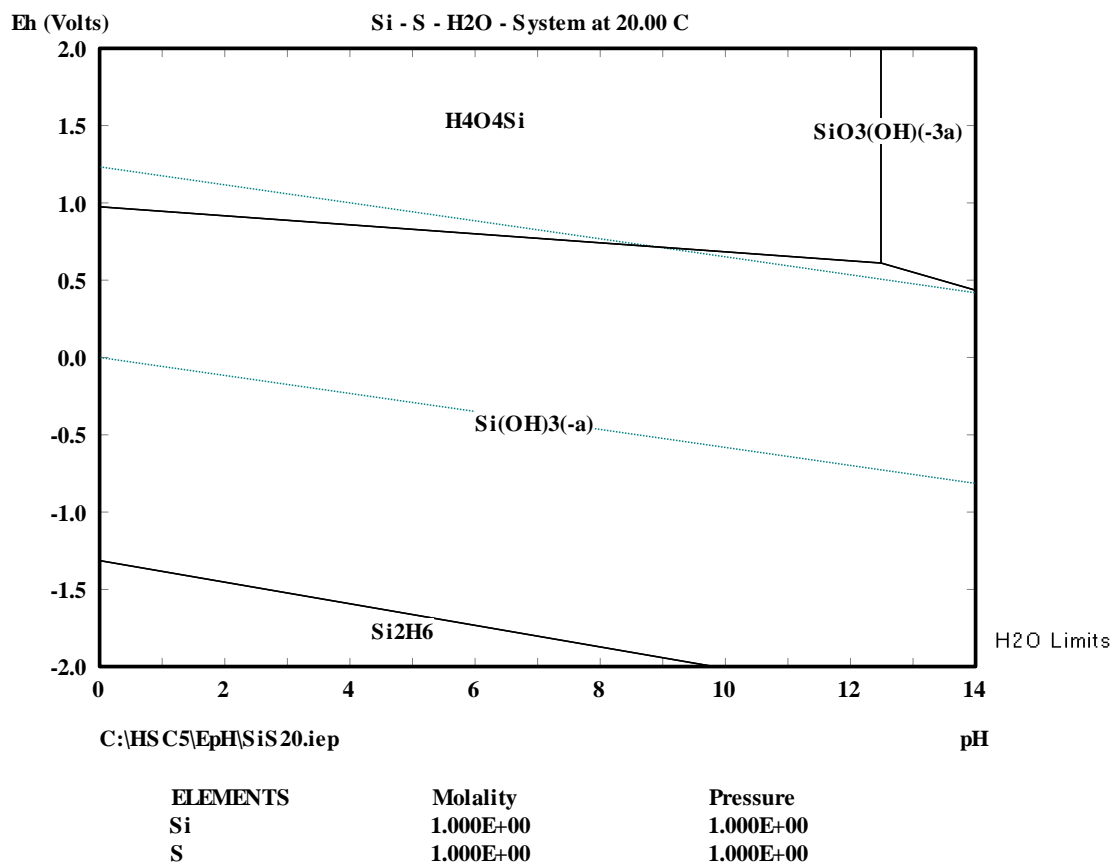
2.1.6 «Si-S-H₂O» жүйесін термодинамикалық талдау

Кенді күкірт қышқылы ерітіндісімен шаймалау кезінде күкірт қышқылы ерітіндісінің кремний оксидімен әрекеттесуі жүреді және оны келесі реакция түрінде жазуға болады:



Бұл реакция нәтижесінде ортокремний қышқылы бос күйде шығарылады. Белгілі бір жағдайларда сулы ерітіндіде өте аз мөлшерде ортокремний қышқылы тұрақсыз, сондықтан ол суда ерімейтін жоғары молекулалық формаларға өте тез конденсацияланады. Оны төмендегі реакциядан және Пурбэ диаграммасынан көруге болады:





13 - сурет – «Si-S-H₂O» жүйесінің "Потенциал-pH" диаграммасы

2.2 Зерттеуде қолданылатын материалдар мен құрал-жабдықтар

Тәжірибелік жұмыста келесідей химиялық ыдыстар мен материалдар қолданылады:

- 1) өлшеуіш стакандар 100 мл;
- 2) пипетка 5,10 мл;
- 3) груша;
- 4) қызыл лента;
- 5) бөлгіш воронка;
- 6) конустық колбалар 100 мл;
- 7) секундомер;
- 8) экстрактор ПЭ-8110;
- 9) титратор VITLAB;
- 10) Иономер-160МП;
- 11) ИК-спектрофотометр;
- 12) магнитті араластырғыш;
- 13) аналитикалық таразы;
- 14) PLS мысқұрамды ерітіндісі;
- 15) LIX 984N және ACORGA экстрагенттері;

16) керосин КО-30.

Экстракция процесі бөлме температурасында экстрактор ПЭ-8110 көмегімен жүргізілді (14-сурет).



14 - сурет – Экстрактор ПЭ-8110 және титратор VITLAB

2.3 Экстракция процесінің жүргізілуі

Зерттеу нысанына Ақтоғай кен орнының мысқұрамды ерітіндісі, сондай-ақ органикалық фазалық реагенттер: ACORGA M5910, ACORGA M5747, ACORGA M5640, LIX 984N және де КО-30 маркалы керосин (экстрагенттер үшін еріткіш ретінде) кіреді.

Мыстың өнімді ерітіндісін алу үшін бастапқы шикізатпен құрамында 0,33 % мыс бар Ақтоғай кен орнының тотыққан мыс кендерінің сынамалары таңдалды.

Экстракция және реэкстракция процестері ПЭ - 8110 маркалы зертханалық экстракторда жүргізілді.

Экстрагенттің әрбір түрінің селективтілік көрсеткіштерін анықтау мақсатында, сондай-ақ фазалардың бөліну ұзақтығын салыстыру үшін үлгі ретінде кен орнынан өнімді ерітіндіден басқа дайындалған модельдік ерітінді пайдаланылды. Өнімдік ерітіндідегі мыстың берілген концентрациясы 0,262 г/л, рН көрсеткіші 0,1 N күкірт қышқылының ерітіндісін қосып (рН = 1,7 өнімді ерітіндіге сәйкес), рН ерітіндісін 160МП маркалы иономерімен тұрақты бақылау кезінде 1,7 белгісіне дейін жеткізілді. Ерітіндінің рН деңгейін реттеу үшін күкірт қышқылы мен натрий гидроксиді ерітінділері қолданылды.

Бастапқы модельдік және өнімді ерітінділерді, сондай-ақ экстракция және

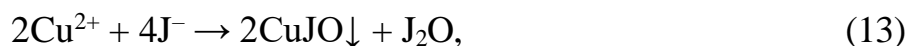
реэкстракция процесінде алынған сулы фазаларды талдау химиялық, фотоколориметриялық талдауларды қолдану арқылы жүргізілді. Бастапқы кеннің қатты үлгілері, өнімді ерітінді буланғаннан кейінгі қатты тұнба, сондай-ақ крад рентгенофлуоресцентті, рентгендік фазалық талдауларды қолдану арқылы зерттелді.

Өнімді ерітінді сынамасының негізгі элементтік құрамын анықтау үшін құрғақ тұздар пайда болғанға дейін толық булану жүргізілді. Алынған тұздар 0,1 мм-ден аспайтын мөлшерде ұсақталып, рентген-флуоресцентті талдау үшін пайдаланылды.

Рентген-флуоресцентті жартылай сандық талдау "PANalytical" компаниясының (Нидерланды) Axios 1 KW толқындық-дисперсиялық рентген-флуоресцентті спектрометрінде жүргізілді. Алынған деректерді өңдеу Super Q бағдарламалық жасақтамасында Omnian 37 бағдарламалық пакетін (FP моделі бойынша) қолдана отырып жүргізілді. Талдау нәтижелері бойынша үлгілердің сапалық жартылай сандық элементтік құрамы анықталды.

2.4 Ерітіндідегі мыс мөлшерін анықтау әдістемесі

Бастапқы сулы ерітіндідегі және рафинаттағы мыстың концентрациясы йодометриялық әдіспен анықталды [32, 33]. Конустық колбаға пипеткамен 5 мл аликвота алып, оған 50 мл дистилденген су қосып араластырамыз. Әрі қарай 1 г/л калий йодидін аналитикалық таразыға өлшеп колбаға қосамыз, ерітінді түсі қою қызыл сары түске боялады. Әрі қарай титратор көмегімен 0,1 н натрий тиосульфатының ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) ерітіндісімен титрлеу барысында ерітінді ақшыл сары түске өзгереді. Сол уақытта ерітіндіні титрлеу процесі аяқталғанын тексеру мақсатында арнайы дайындалған крахмал ерітіндісінен индикатор ретінде 5 тамшы құямыз, әрі қарай ерітінді қара түстен ақ түске (цвет слоновой кости) боялғанға дейін $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ қосамыз.



Ерітіндідегі екі валентті мыс иондарының Cu^{2+} (C_{Me}) концентрациясы мына формуламен есептеледі:

$$C_{\text{Me}} = \tilde{N}_{\text{Me}} = \frac{V \cdot T \cdot 1000}{a}, \text{ г/л.} \quad (15)$$

мұндағы a – анализге алынған ерітінді көлемі (аликвота), мл;
 V_1 – титрлеуге жұмсалған $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ерітіндісінің көлемі, мл;
 T – $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ерітіндісінің мыс титрі ($T = 0,00635$ г/л).

2.5 Тәжірибелік мәліметтерді өңдеу

Металды алу процесінің тиімділігіне көптеген факторлар әсер етеді, мысалы, экстрагенттің селективтілігі, ортаның рН-ы, араластыру және фазаны бөлу ұзақтығы, экстрагенттердің концентрациясы, су мен органикалық фазалардың арақатынасы және т.б. [38].

Экстрагенттің әрбір түрінің селективтілік көрсеткіштерін анықтау мақсатында ACORGA M (5747, 5910, 5640) және LIX 984N реагенттерін пайдалана отырып, селективті экстрагентті анықтау бойынша зерттеулер алдын ала жүргізілді. Сұйылтқыш КО-30 маркалы керосині болды.

Ерітінділерден металдарды алу бойынша зерттеулер мынадай жағдайларда жүргізілді:

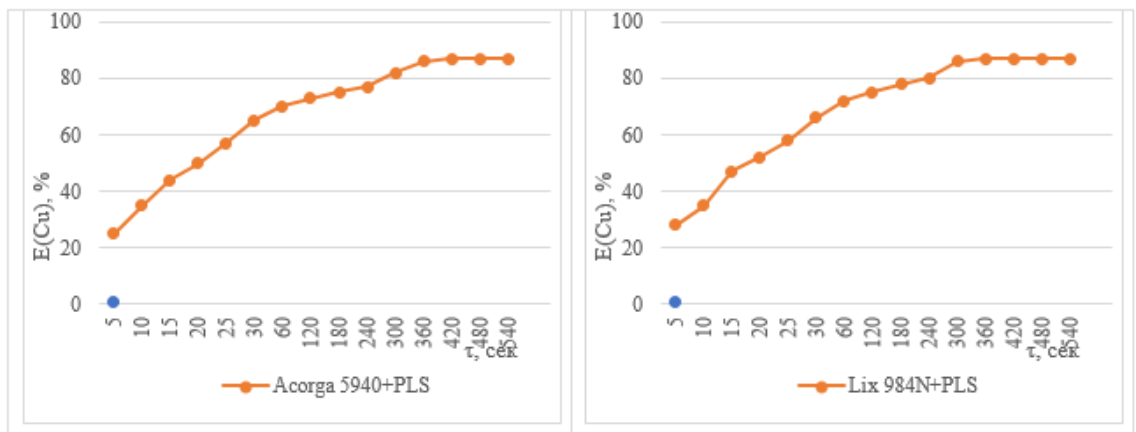
- экстрагенттердің концентрациясы 10 %;
- сулы және органикалық фазалардың арақатынасы О:С = 1:1;
- органикалық және су фазаларын араластыру ұзақтығы 5 минут;
- температура – 20 °С;
- рН = 1,7.

Экстрагенттердің селективтілігін анықтауға арналған алғашқы эксперименттер процесінде өнімді ерітіндіден мысты бөліп алу кезінде сулы және органикалық фазалардың бөлінуінің ұзағырақ уақыты атап өтілді. Экстрагенттің құрамына және өнімді ерітіндіге байланысты органикалық және сулы фазалардың бөліну ұзақтығы әртүрлі болуы мүмкін, ұзақтығы неғұрлым ұзақ болса, процестің тиімділігінің төмендеу ықтималдығы соғұрлым жоғары болады. Сулы және органикалық фазалардың толық бөлінуі тек 5-7 минуттан кейін байқалды. Бұл ретте SX-EW технологиясы бойынша катодты мысты гидрометаллургиялық өндіру үшін ұсынылатын фазаларды бөлу уақыты 30 секундтан аспауға тиіс. Фазалардың ұзақ бөлінуінен басқа, фазааралық бөлімнің бұлыңғырлығы да байқалды - су фазасының жоғарғы қабатында органикалық фазаның айқын іздері болды, бұл [39] жұмыста сипатталған фазааралық суспензия – крадқа ұқсас. Экстракция процесінде фазалардың көрнекі бөлінуі 15-суретте көрсетілген.



15 - сурет – Бөлгіш воронкадағы өнімді ерітіндінің органикалық және сулы фазаларға бөлінуі

Экстракциядан кейінгі фазалардың бөліну ұзақтығын анықтау бойынша жүргізілген зерттеулер келесі нәтижелерге әкелді: өнімді ерітінділердегі сулы және органикалық фазалардың толық бөлінуі (15-сурет) ұзақ уақыт ішінде пайда болды (5-7 минуттан кейін). Өнімді ерітінділерде фазалардың ұзағырақ бөлінуінен басқа, фазааралық бөлімнің бұлыңғырлығы да байқалды. Сулы фазаның жоғарғы қабатында үшінші фазаның, яғни фазааралық суспензияның – крадтың айқын іздері болды.



16 - сурет – Мысты бөліп алу дәрежесінің ACORGA M5640 және LIX 984N мыс экстракциясындағы органикалық және су фазаларының бөліну ұзақтығына тәуелділігі

200 г/дм³ концентрациясындағы күкірт қышқылының ерітіндісімен органикалық фазаны реэкстракциялау және электролитті регенерациялау кезінде органикалық заттарды 20 % күкірт қышқылының ерітіндісімен жуу арқылы фазалардың бөлінуі 30 секундтан аспайтын уақыт ішінде жүрді. Жасыл түс реэкстракцияға темір иондарының едәуір мөлшерінің берілуі мүмкін екенін көрсетеді (17-сурет).



17 - сурет – Реэкстракция сатысында органикалық фазаны жуғаннан кейінгі электролит

Іс жүзінде, жаңадан дайындалған органикалық фаза аздап сарғыш реңкпен мөлдір болады, сұйықтық экстракция циклдары алғаш рет жасалған кезде түсі ашық қоңырға өзгереді. Реэкстракция кезеңінен кейінгі органикалық фазада 0,2-ден 0,5 г/л-ге дейін мыс болады. Мыстың концентрациясының жоғарылау тенденциясы байқалмаған жағдайда мыстың бұл мөлшері еленбейді.

Модельдік ерітінділерден әртүрлі экстрагенттермен мысты бөліп алу бойынша тәжірибелер жүргізілді. Салыстыру нәтижелері бойынша экстрагенттерін пайдалану тиімділігінің келесі сериясын анықтауға болады: 10 % LIX 984N > 10 % ACORGA M5640 > 10 % ACORGA M5747 > ACORGA M5910.

Осылайша, зерттеу барысында 10 % LIX 984N және 10 % ACORGA M5640 пайдалану кезінде ең жоғары тиімділікті көрсетеді.

Құрамы, г/л: Cu 0,262; Fe 17,97; SiO₂ 0,36 болатын Ақтоғай кен орнының өнімді ерітіндісіндегі сульфатты ерітінділерден модификацияланған ACORGA M5640 экстрагентін және модификацияланбаған LIX 984N экстрагентін пайдаланып, мысты бөліп алу зерттелді.

Мыстың өнімді ерітіндісінің осындай құрамын шоғырландыру және тазарту үшін жоғары селективті реагентпен экстракция жүргізуге қолайлы болып табылады. Зерттеу жүргізу үшін біз ACORGA M5640 (альдоксимдер мен

модификатор қоспаларынан тұрады) және LIX 984N (альдоксимдер мен кетоксимдердің тең бөліктерінің қоспасы) маркалы экстрагенттерді таңдадық. Олар мысқа жоғары селективтілікке, экстракция кинетикасы мен фазаны бөлудің жылдамдығына, жоғары жарқыл температурасына және т. б. ие.

Экстракцияға түскен ерітіндінің жалпы көлемі 5000 мл құрады. О: С қатынасы 1:1, кезеңдердің саны 3, ерітіндінің рН деңгейі 1,7 болды. Өнімді ерітіндінің компоненттерін алу бойынша эксперименттердің нәтижелері 1-кестеде келтірілген.

Кесте 1 – 10 % ACORGA M5640 экстрагентімен өнімді ерітіндіден мысты бөліп алу нәтижелері

Компонент тер	$C_{Me \text{ ө.е.}}$, г/л	$C_{Me \text{ раф}}$, г/л	E^* , %	D^*
Cu	0,262	0,006	97,7	42,67
Fe	17,97	15,7	12,6	0,14
SiO ₂	0,36	0,26	27,8	0,38

Эксперименттік нәтижелерге сәйкес, 10 % ACORGA M5640 экстрагенті мыс иондарына жоғары селективтілігін көрсетеді. Мысты бөліп алудың жоғары дәрежесіне (97,7 %) қарамастан, 12,6 % темір және 27,8 % силикат қосылыстары өнімді ерітіндіден органикалық фазаға өтті.

Мыс, темір және кремнеземді реэкстракциялау күкірт қышқылының ерітіндісімен 200 г/дм³ концентрациясында келесі жағдайларда жүргізілді: органикалық және сулы фазалардың арақатынасы О:С = 2:1, фазаларды араластыру және тұндыру ұзақтығы - 3 минут, бөлме температурасы 20 °С. Реэкстракция нәтижелері және органикалық фазадағы компоненттердің қалдық концентрациясы 2-кестеде келтірілген.

Кесте 2 – Реэкстракция нәтижелері және органикалық фазадағы компоненттердің қалдық концентрациясы

Компоненттер	$C_{Me \text{ ө.е.}}$, г/л	$V \text{ орг}$, л	$C_{Me \text{ реэкстр}}$, г/л	E^* , %	D^*
Cu	1,28	1	0,877	68,5	2,20
Fe	11,35	1	7,26	64,0	1,77
SiO ₂	0,5	1	0,19	38,0	0,61

ACORGA M5640 экстрагентімен органикалық фазадағы компоненттердің қалдық концентрациясы 3-кестеде келтірілген.

Кесте 3 – ACORGA M5640 экстрагентімен органикалық фазадағы компоненттердің қалдық концентрациясы

Органикалық фазадағы қалдық концентрация, г/л	Cu	Fe	SiO ₂
	0,403	4,09	0,31

Реэкстракция сатысында (2-кесте) органикалық фазадан темірдің 64 % - ы темір концентрациясы 7,26 % болатын электролитке өтті. Бұл жағдайда органикалық фазадағы темірдің қалдық концентрациясы 4,09 г/л құрады, нәтижесінде өнімді ерітіндіден алынған силикат қосылыстары реэкстрактке (38 %) өтті, қалған бөлігі (62 %) органикалық фазаны ластап, фазааралық үшінші фаза – крадты құрады. Органикалық құрамдағы силикат қосылыстарының қалдық мөлшері 0,31 г/л құрады.

Крадтың жиналуынан басқа, реэкстракция сатысында мыстың электролитке толық емес ауысуы да байқалды. Мыстың бір бөлігі кремний диоксиді мен темір иондарымен бір мезгілде пайда болған крадқа енген.

Сонымен қатар, салыстырмалы үлгі ретінде зерттелетін өнімді ерітіндіде LIX 984N экстрагентін (10 %) қолдана отырып, мысты бөліп алу және реэкстракциялау бойынша зерттеулер жүргізілді. Зерттеу нәтижелері 4, 5, 6-кестелерде келтірілген.

Кесте 4 – 10 % LIX 984N экстрагентімен өнімді ерітіндіден компоненттерді алу нәтижелері

Компоне нттер	C _{ме ө.е.} , г/л	V ө.е., л	C _{ме раф} , г/л	V раф, мл	O:C	E, %	D
Cu	0,262	0,6	0,04	0,6	1:01	85,1	0,85
Fe	17,97	0,6	17,34	0,6	1:01	3,5	0,04
SiO ₂	0,36	0,6	0,22	0,6	1:01	38,2	0,38

Кесте 5 – 10 % LIX 984N органикалық фазасындағы рэкстракция нәтижелері және компоненттердің қалдық концентрациясы

Компоне нттер	$C_{Me\text{ орг}}$, г/л	V , орг, л	$C_{Me\text{ рэккс}}$, г/л	V рэккс, л	O:C	E, %
Cu	6,0	0,2	7,0	0,15	2:1,5	87,5
Fe	2,25	0,2	2,6	0,15	2:1,5	86,7
SiO ₂	0,39	0,2	0,24	0,15	2:1,5	46,2

LIX 984N экстрагентімен (10 %) органикалық фазадағы компоненттердің қалдық концентрациясы 6-кестеде келтірілген.

Кесте 6 – 10 % LIX 984N экстрагентімен органикалық фазадағы компоненттердің қалдық концентрациясы

компоненттердің қалдық құрамы	Cu	Fe	SiO ₂
органикалық фазада LIX 984N 10%, г / л	0,75	0,3	0,21

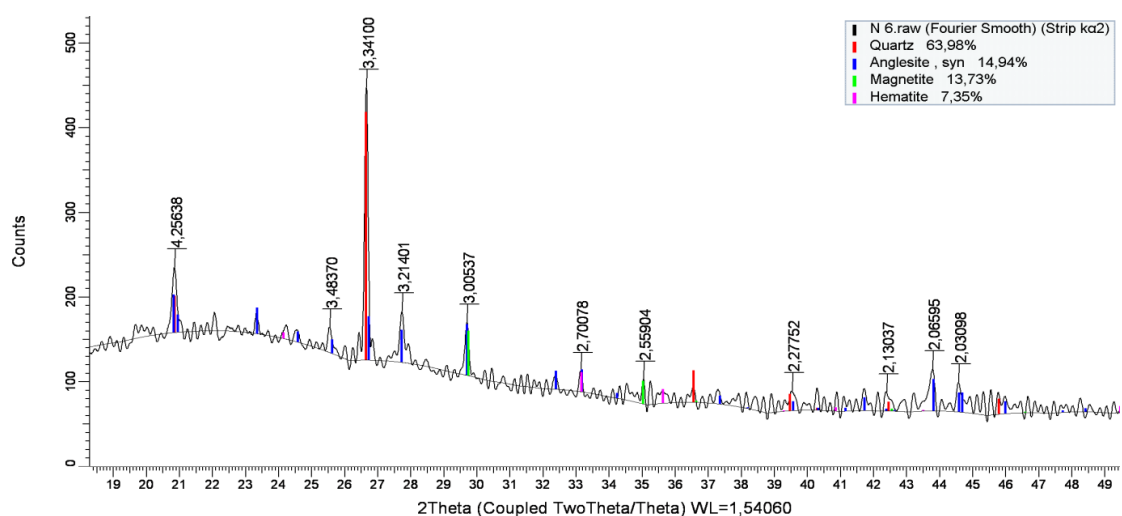
LIX 984N (10 %) экстрагентімен мыс пен қоспаларды алу нәтижелері көрсеткендей, ACORGA M5640 (10 %) (68,5 %) экстрагентімен салыстырғанда мыс экстракциясының бөліп алу деңгейі жоғары (85,1 %) болды.

Мыс, темір және кремний иондарының фазааралық суспензияға өтуін нақтылау мақсатында крадтың фазалық құрамын анықтау үшін "PANalytical" компаниясының (Нидерланды) Axios 1 KW толқындық-дисперсиялық рентген-флуоресцентті спектрометрінде және "Bruker" компаниясының D8 Advance дифрактометрінде физика-химиялық зерттеулер жүргізілді, оның нәтижелері 7-кестеде келтірілген.

Кесте 7 - Крадтың фазалық құрамы

Фазалардың атауы	Химиялық формуласы	Құрамы, %
Кварц	SiO ₂	63,98
Англезит	Pb(SO ₄)	14,94
Магнетит	Fe ₃ O ₄	13,73
Гематит	Fe ₂ O ₃	7,35

Рентгендік фазалық талдау нәтижелері көрсеткендей (15-сурет), қрадта кварцтың 63,98 %, белгілі бір мөлшерде қорғасын минералы англезит – 14,94 %, құрамында темір бар магнетит минералдары – 13,73 % және гематит – 7,35 % басым болады.



18 - сурет – Қрад диффрактограммасы

Рентгендік флуоресцентті талдау (11-кесте) қрад сынамаcында кремний мен оттегінің көп мөлшері басым екенін көрсетті, бұл қрадтағы оттегінің, күкірттің, темірдің және кремнийдің көп мөлшерін растайды.

Кесте 8 – Қрадтың рентген-флуоресцентті талдауының нәтижесі

Компоненттер	Құрамы, %	Компоненттер	Құрамы, %
O	40,08	Co	0,010
Na	0,329	Cl	0,168
Mg	0,608	K	0,256
Al	2,037	Ca	0,175
Si	23,46	Ti	0,228
P	0,078	Cr	0,021
S	5,829	Br	0,006
Mn	0,058	Zn	0,008
Fe	1,357	W	0,335

Ni	0,073	Mo	0,016
Cu	2,686	Sr	0,007
Zr	0,006	Pb	0,009

Өнімді ерітінді мен қрадтың қатты шөгінділерінің элементтік құрамын талдауды салыстыра отырып, қрадтың құрамында оттегі, күкірт, темір және кремнийдің жеткілікті мөлшерде жоғары көрсеткіштері бар екенін атап өтуге болады.

Нәтижелер ACORGA M5640 компонентінің экстракциялық қасиеттерінің жеткілікті жоғары тиімділігін көрсетеді (10 %), ерітіндіден органикалық заттарға мысты бөліп алу 97,7 % құрайды. LIX 984N экстрагенті (10 %) ерітіндіден органикалық фазаға 85,1 % мыс алынады. Мыстың жеткілікті жоғары экстракциясына қарамастан, ACORGA M5640 экстрагенті (10 %) жолай темір қосылыстарының жеткілікті көп мөлшерімен байланысады – 12,6 %, экстракция сатысында темірдің ең жақсы селективтілігін LIX 984N (10 %) көрсетеді, Fe^{2+}/Fe^{3+} иондарының ауысуы небәрі 3,5 % құрайды. Силикат қоспалары бойынша ең аз сіңіру ACORGA M5640 (10 %) – 27,8 %, ал LIX 984N (10 %) қолданған кезде ең үлкен сіңіру 38,2 % болды. Бірақ ACORGA M5640 (10 %) пайдаланған кезде органикалық фазадағы кремнеземнің қалдық концентрациясы LIX 984N-мен салыстырғанда 1,5 есе көп және сәйкесінше 0,31 және 0,21 г/л құрайды.

ACORGA M5640 (10 %) экстрагенттерін қолданған кезде қаныққан органикадағы темір концентрациясы 10-12 г/л-ге жетеді, ал LIX 984N (10 %) 3 г/л-ден аспайды.

Органикалық фазадағы өнімді ерітіндінің негізгі компоненттерінің (мыс, темір және кремний диоксиді иондары) қалдық концентрациясы бойынша экстрагенттерді келесі ретпен орналастыруға болады:

- Cu бойынша: LIX 984N (10 %) > ACORGA M5640 (10 %);
- Fe бойынша: LIX 984N (10 %) > ACORGA M5640 (10 %);
- SiO_2 бойынша: ACORGA M5640 (10 %) > LIX 984N (10 %).

Ақтоғайдың өнімді ерітіндісінен мысты бөліп алу бойынша эксперименттік деректерді салыстыру нәтижесінде мысты тиімді алу үшін ACORGA M5640 (10 %) экстрагентін қолданған жөн екендігі анықталды.

Эксперименттік бөлім бойынша қорытынды:

– Ақтоғай кен орнының байытылуы қиын тотыққан кендерін шаймалау арқылы алынған өнімді ерітінділерді өңдеу үшін SX-EW технологиясы ең қолайлы болып табылады;

– Құрамы, г/л: Cu 0,262; Fe 17,97; SiO_2 0,36 болатын Ақтоғай кен орнының өнімді ерітіндісіндегі сульфатты ерітінділерден ACORGA M5640 модификацияланған экстрагенті және модификацияланбаған LIX 984N экстрагентін салыстырсақ, ACORGA M5640 экстрагенті тиімді болып табылады;

– $\text{Cu}^{2+}/(\text{Fe}^{3+/2+})$ иондарының ең жақсы селективтілігін 10% LIX 984N және 10% ACORGA M5640 экстрагенттері көрсетеді.

– Ақтоғай кен орнының өнімді ерітіндісінен мысты бөліп алу кезінде үшінші фаза - фазааралық суспензия (крад) түзіледі. Өнімді ерітіндіден мысты бөліп алу кезінде крадтың пайда болуына әкелетін негізгі зиянды қоспалар темір және еріген кремний иондары болып табылады.

– LIX 984N (10 %) және ACORGA M5640 (10 %) экстрагенті мыс-темір және мыс-кремнезем жүйелеріне жоғары селективтілікке ие;

– Ақтоғайдың өнімді ерітіндісінен мысты бөліп алу бойынша эксперименттік деректерді салыстыру нәтижесінде мысты тиімді алу үшін ACORGA M5640 (10 %) экстрагентін қолданған жөн екендігі анықталды.

Бұл дипломдық жұмыс 2022-24 гранттық қаржыландырудың қолдауымен № AP14871587 ЖРН жобасының "Мысты сұйық экстракциялау кезінде крад түзілуін төмендетудің кешенді технологиясын әзірлеу" тақырыбы бойынша орындалды.

3 Экономикалық бөлім

3.1 Зерттеу жүргізуге арналған шығындарды есептеу

Бұл бөлімде эксперименттер жүргізуге кететін негізгі шығындардың есебі келтірілген.

3.2 Амортизациялық аударымдарды есептеу

Зертхана жабдықтары үшін амортизациялық аударымдарды есептейміз. Демек, амортизация нормасы (H_a) формулаға сәйкес жабдықтың қызмет ету мерзімі бойынша анықталады:

$$H_a = \frac{100}{B} \quad (16)$$

мұндағы B – қызмет көрсету мерзімі.

Кесте 9 – Амортизациялық шығындар

Қондырғы атаулары	Қызмет мерзімі, жыл	Саны	Бағасы, тг	Жылдық құны, тг	H_a , %	Амортизацияның жылдық сомасы, тг
Экстрактор ПЭ-8110	10	1	830000	830000	10	83000
титратор VITLAB	10	1	280000	280000	10	28000
Магнитті араластырғыш	10	1	85000	85000	10	8500
Аналитикалық таразы	10	1	53000	53000	10	5300
Барлығы			1248000	1248000		124800

Жабдықтың жалпы құны 1248000 теңгені құрайды. Бір жыл ішінде жабдық үшін амортизациялық аударымдар сомасы 124800 теңгені құрайды.

3.3 Негізгі және қосалқы материалдарға арналған шығындарды есептеу

Біз эксперимент жүргізу үшін, сондай-ақ химиялық талдаулар жүргізу үшін тікелей қолданылатын негізгі және қосалқы материалдардың шығындарын есептейміз. Есептеу нәтижелері 10-кестеде келтірілген.

Кесте 10 – Негізгі және қосалқы материалдарға арналған шығындар

Материал атауы	Материал шығыны	Бағасы, тг	Жалпы бағасы, тг
Дистилденген су, л	50	25	1250
Күкірт қышқылы, л	0,3	800	240
Мыс купорасы, кг	0,5	550	275
Қағаз сүзгісі	2,0	700	1400
Керосин, л	1	170	170
ACORGA M5640, л	0,02	5700	1140
LIX 984N, л	0,02	3000	1200
«Fairy», бут. 0,5 л	1	350	350
Калий иодиді, кг	0,05	11500	575
Натрий тиосульфаты	1	700	700
Конустық колба	10	300	3000
Пипетка	5	200	1000
Стакан	10	200	2000
Өлшеуіш колба, 1000 мл	1	1500	1500
Бюретка	1	3000	3000
Шыны таяқша	2	50	100
Бөлгіш воронка	1	1000	1000
Барлығы:			19450

Негізгі және қосалқы материалдарға шығындар 19450 теңгені құрайды.

3.4 Электр энергиясының шығындарын есептеу

Бұл жұмыста электр энергиясын ПЭ-8110 экстракторы, аналитикалық таразы және магнитті араластырғыш тұтынады. Экстрактор 1 сағатқа 0,8 кВт тұтынады, 8 тәжірибенің жалпы ұзақтығы 4 сағатты құрайды, электр энергиясын тұтыну $0,8 \cdot 4 = 3,2$ кВт құрайды. 1 сағат ішінде аналитикалық таразы 0,5 кВт тұтынады, жалпы жұмыс ұзақтығы 2 сағатты құрады, содан кейін тұтыну $0,5 \cdot 2 = 1$ кВт құрайды. 1 сағат ішінде магнитті араластырғыш 0,1 кВт тұтынады, жалпы жұмыс ұзақтығы 2 сағатты құрады, содан кейін тұтыну $0,1 \cdot 2 = 0,2$ кВт құрайды.

Демек, құрылғылардың жалпы электр энергиясының шығыны 4,4 кВт-қа

тең. 1 кВт*сағ электр энергиясының құны 17,76 тг. Сонда жұмсалған 4,4 кВт:

$$4,4 \cdot 17,76 \approx 80 \text{ тг.}$$

3.5 Суық су шығындарын есептеу

Суық суды тұтыну 40 тәжірибеге есептеледі. Орташа алғанда, бір тәжірибеге 0,1 литр су жұмсалады, сәйкесінше 40 тәжірибеге 4 литр су жұмсалады.

Химиялық ыдыстарды жууға арналған су шығыны 1 м³ құрайды. Суық судың жалпы шығыны 10,01 м³ құрайды.

1 м³ суық судың құны 162 тг құрайды, содан кейін 10,03 м³ болады: 10,03 * 162 ≈ 1630 тг.

3.6 Шығындардың жалпы сомасын есептеу

Шығындардың жалпы сомасын есептеу шикізат, реактивтер, суық су, электр энергиясы, жабдық үшін амортизациялық аударымдар шығындарын қамтиды.

Барлық шығындар 5-кестеде келтірілген.

Кесте 11 – Ғылыми-зерттеу жұмыстарының жалпы шығындары

Шығындар атауы	Шығын сомасы, тг
Бір жылға кеткен амортизациялық шығындар	124800
Қосалқы және негізгі материалдар	19450
Электр қуаты	80
Суық су	1630
Барлығы:	144000

Осылайша, зерттеу шығындарының сомасы 144000 теңгені құрайды. Жұмысқа кеткен уақыт 100 сағат.

4 Еңбек қауіпсіздігі және еңбекті қорғау

4.1 Еңбек қауіпсіздігі және еңбекті қорғауды ұйымдастыру

Дипломдық жұмыстың бұл бөлігі Қазақстан Республикасының заңдарын ескере отырып жазылған, атап айтқанда жұмысты орындау кезінде Қазақстан Республикасының Еңбек кодексі сақталған. Осылайша, № 321 «Еңбек қауіпсіздігіне қойылатын талаптар» бабына сәйкес келесідей (баптың тармақтары бойынша):

1) «жұмыс орындары орналасқан ғимараттар (құрылыстар) өз құрылымында олардың функционалдық маңыздылығына және еңбек қауіпсіздігі мен еңбекті қорғау талаптарына сәйкес келуі тиіс» [34].

Дипломдық жұмыс «Металлургиялық процестер, жылу техникасы және арнайы материалдар технологиясы» кафедрасының арнайы курстарының зертханасында орындалды, ол ҚазҰТУ тау-кен металлургия ғимаратында орналасқан. Қ.И. Сәтбаева (302 ММК кабинет). Дипломаттың жұмыс орны орналасқан зертхана өзінің құрылымы мен жабдықтың болуы бойынша функционалдық мақсатына және қауіпсіздік пен еңбекті қорғаудың барлық талаптарына сәйкес келеді;

2) «жұмыс жабдығы жабдықтың осы түрі үшін белгіленген қауіпсіздік стандарттарына сәйкес болуы, тиісті ескерту белгілері болуы және жұмыс орнындағы жұмысшылардың қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін қоршаулармен немесе қорғаныс құралдарымен қамтамасыз етілуі керек» [34].

Жұмыс жабдығы осы типтегі жабдық үшін белгіленген барлық қауіпсіздік стандарттарына сәйкес келеді, егер қажет болса, жұмыс орнында қауіпсіздікті қамтамасыз ету үшін жабдық қоршаулармен және қорғаныс құралдарымен қамтамасыз етілген; Атап айтқанда, экстракциялық жабдықпен жұмыс істеу кезінде электр тогын авариялық өшіру қамтамасыз етіледі;

3) «жұмысшыларға арналған апаттық жолдар мен шығулар бос болуы және оларды ашық аспанға немесе қауіпсіз аймаққа апаруы тиіс» [34].

Студенттер мен қызметкерлердің үй-жайдан шығуының апаттық жолдары зертханада зертханалық жиһаздың ұтымды орналасуына байланысты әрқашан анық болып қалады және қауіпсіз аймаққа – зертханада екі шығудың арқасында зертханадан тыс жерге апарылады;

4) «қауіпті аймақтар нақты белгіленуі тиіс. Егер жұмыс орындары жұмыс сипатына байланысты жұмысшыға қауіп төндіретін немесе құлаған заттар бар қауіпті аймақтарда орналасса, онда мұндай орындар мүмкіндігінше рұқсат етілмеген адамдардың осы аумақтарға кіруіне жол бермейтін құрылғылармен жабдықталуы керек. . Жаяу жүргіншілер мен технологиялық көліктер ұйымның аумағында қауіпсіз жағдайда жүруі керек» [34].

Қауіпті аймақтар тек жабдықтың жұмысымен байланысты, сондықтан оның орналасқан жері туралы ескерту белгілері жеткілікті. Экстракциялық жабдықпен жұмыс істеуге мүмкіндігі жоқ студенттер мен қызметкерлердің қозғалысын зертханаға жауапты адам бақылайды;

5) «жұмыскерлердің қауіпті өндірістік объектілерде (учаскелерде), оның ішінде биіктікте, жерасты жағдайында, ашық камераларда, теңіз қайраңдарында және ішкі су айдындарында жұмыс істеуге арналған жеке қорғаныс құралдары болуы тиіс» [34].

Осы дипломдық жұмысты орындау кезінде келесі жеке қорғаныс құралдары болды: жұмыскерді киімге және теріге химиялық заттардың түсуінен қорғайтын мақта халат, қол терісін қорғайтын резеңке қолғап, рафинат сынамаларын алуға арналған резеңке шамдар;

б) «жұмыс уақытында температура, табиғи және жасанды жарықтандыру, сондай-ақ жұмыс орындары орналасқан үй-жайдағы желдету қауіпсіз еңбек жағдайларына сәйкес болуы керек» [34].

Бөлмедегі температура білім беру мекемесіне қойылатын талаптарға сай, қолданыстағы 5 терезенің арқасында табиғи жарықтандыру жеткілікті, кешкі уақытта жарықтандыру жасанды, қос төбелік люминесцентті лампалармен жасалған (10 дана). Ерітінділер мен экстрагенттерді дайындау кезінде химиялық реагенттермен жұмыс істеу кезінде зертханада бар сорғышты пайдалана отырып, сорғыш желдету қамтамасыз етілді. Яғни, жарықтандыру мен желдетуді ұйымдастыру зертханасы қауіпсіздік стандарттарына сәйкес келеді;

7) «жұмыс беруші қауіпсіз еңбек жағдайларын қамтамасыз еткеннен кейін жұмыскерлерге зиянды еңбек жағдайларында (шаң, газбен ластану және басқа да факторлар) жұмыс істеуге рұқсат етіледі» [34].

Студенттер мен қызметкерлерге электр тогы және химиялық реагенттермен (қышқылдармен, сілтілермен, органикалық реагенттермен) жұмыс істеуге қауіпсіз еңбек жағдайларын қамтамасыз еткеннен кейін және қауіпсіздік техникасы бойынша кіріспе және ағымдағы оқудан өткеннен кейін рұқсат етіледі.

4.2 Қауіпті және зиянды өндірістік факторларды талдау

Жұмыс Қ.И. атындағы ҚазҰТУ-дың «Металлургиялық процестер, жылу техникасы және арнайы материалдар технологиясы» кафедрасының арнайы курстар зертханасында жүргізілді. Сәтбаев қ., ол ғылыми-зерттеу жұмыстарын жүргізу үшін қажетті құрал-жабдықтармен, реагенттермен, материалдармен және сертификатталған бақылау-өлшеу құралдарымен қамтамасыз етілген. Бұл жұмысты орындау кезінде қауіпсіздік ережелерін бұзу салдарынан өндірістік жарақат алу мүмкін, атап айтқанда:

- ақаулы электр жабдығымен жанасудан, сондай-ақ жабдыққа химиялық белсенді ортаның әсерінен электр тогының соғуы;

- қышқылдар мен сілтілер ерітінділерімен жұмыс істегенде химиялық күйік алу және улану.

Кәсіптік аурулардың алдын алу үшін зиянды заттардың шекті рұқсат етілген концентрациясын белгілеудің маңызы зор. Жұмыс аймағының ауасындағы зиянды заттардың шекті рұқсат етілген концентрациясы күнделікті

жұмыс кезінде 7 сағат бойы ауру немесе денсаулық жағдайының өзгеруіне әкелмейтін концентрациялар деп түсініледі. Жұмыс аймағының ауасындағы зиянды заттардың шекті рұқсат етілген концентрациясы ГОСТ 12.1.005-2004 стандартталған. Жұмыс алаңы жұмысшылардың тұрақты тұратын жері орналасқан деңгейден немесе платформадан биіктігі 2 метрге дейінгі кеңістік болып саналады.

Бұл дипломдық жұмыс қышқылдармен және сілтілермен, органикалық ерітінділермен жұмыс істегенде респираторлар немесе дәке таңғыштары, мақта матадан жасалған жұмыс киімдері, резеңке немесе винилхлоридті қолғаптар, жеңдер, резеңкеленген алжапқыштар болып табылатын жеке қорғаныс құралдарын қолдану арқылы орындалды [35, 36].

ҚОРЫТЫНДЫ

Дипломдық жұмысты орындау нәтижесінде қойылған барлық міндеттер орындалып, дипломдық жұмыстың мақсатына қол жеткізілді. Алынған нәтижелерге сәйкес келесі қорытындылар жасалды:

Әдебиеттердің аналитикалық шолуы мынаны көрсетті:

– Қазақстан мыс өндіруден әлемде жетінші орында, мыстың 92%-ы шет елдерге экспортталады;

– мыстың технологиядағы үлкен рөлі оның бірқатар құнды қасиеттерімен және ең алдымен жоғары электр өткізгіштігімен, иілгіштігімен және жылу өткізгіштігімен түсіндіріледі;

– мыстың жеткілікті үлкен кен қорына қарамастан, оның кендердегі мөлшері үнемі азайып, кен шикізатын өндеудің гидрометаллургиялық әдістері бірте-бірте бірінші орынға шығуда;

– негізінен құрамында сульфидті мыс бар шикізаттар пирометаллургиялық әдістермен өнделеді;

– мыс металлургиясында қолданылатын негізгі гидрометаллургиялық процестер – әртүрлі табиғаттағы реагенттермен ерімейтін қосылыстарды шаймалау, цементтеу, ион алмасу, экстракциялау және тұндыру;

– экстракциялық процестерді жүзеге асыру үшін негізінен катионалмастырғыш экстрагенттер қолданылады, олардың ішінде хелаттар деп аталатын тұрақты күрделі қосылыстарды түзуге қабілетті және оны сулы ерітінділерден экстракциялаудың селективтілігін арттыруға мүмкіндік беретін хелаттандырушы реагенттер ерекше рөл атқарады;

– көбінесе мыс гидрометаллургиясында «шаймалау → экстракция (ион алмасу) → электролиз» схемасы қолданылады.

Дипломдық жұмыс шеңберінде жүргізілген зерттеулер негізінде келесі қорытындылар жасалды:

– Ақтоғай кен орнының байытылуы қиын тотыққан кендерін шаймалау арқылы алынған өнімді ерітінділерді өндеу үшін SX-EW технологиясы ең қолайлы болып табылады;

– Құрамы, г/л: Cu 0,262; Fe 17,97; SiO₂ 0,36 болатын Ақтоғай кен орнының өнімді ерітіндісіндегі сульфатты ерітінділерден ACORGA M5640 модификацияланған экстрагенті және модификацияланбаған LIX 984N экстрагентін салыстырсақ, ACORGA M5640 экстрагенті тиімді болып табылады;

– Cu²⁺/(Fe^{3+/2+}) иондарының ең жақсы селективтілігін 10 % LIX 984N және 10 % ACORGA M5640 экстрагенттері көрсетеді.

– Ақтоғай кен орнының өнімді ерітіндісінен мысты бөліп алу кезінде үшінші фаза - фазааралық суспензия (крад) түзіледі. Өнімді ерітіндіден мысты бөліп алу кезінде крадтың пайда болуына әкелетін негізгі зиянды қоспалар темір және еріген кремний иондары болып табылады.

– LIX 984N (10 %) және ACORGA M5640 (10 %) экстрагенті мыс-темір және мыс-кремнезем жүйелеріне жоғары селективтілікке ие;

– Ақтоғайдың өнімді ерітіндісінен мысты бөліп алу бойынша

эксперименттік деректерді салыстыру нәтижесінде мысты тиімді алу үшін ACORGA M5640 (10 %) экстрагентін қолданған жөн екендігі анықталды.

Сонымен қатар, дипломдық жұмыста еңбекті қорғау бойынша қажетті шаралар әзірленіп, қажетті экономикалық есептеулер жүргізілді, атап айтқанда, экономикалық тиімділік 144000 теңгені құрады.

Осылайша, дипломдық жұмыс барысында қойылған барлық міндеттер толық көлемде шешілді.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Николотова И.И., Карташова Н.А. Экстракция нейтральными органическими соединениями. / Справочник по экстракции. – Т.1. – М.: Атомиздат, 1976. – 598 с.
- 2 Луганов В.А., Байконурова А.О., Сажин Е.Н., Комков Н.Я. Теоретические основы гидрометаллургических процессов. Экстракция и ионнообменные процессы. – Алматы: КазНТУ, 2003. – Ч.2. – 108 с.
- 3 Касиков А.Г. Использование жидкостной экстракции в новых гидрометаллургических процессах переработки медно-никелевого сырья Кольской горно-металлургической компании. // Цветные металлы.– 2012. – № 7. – С. 29-33.
- 4 Elshkaki, A.; Graedel, T.E.; Ciacci, L.; Reck, B.K. Resource Demand Scenarios for the Major Metals. Environ. Sci. Technol. 2018, 52, 2491–2497.
- 5 Николотова И.И., Карташова Н.А. Экстракция нейтральными органическими соединениями. / Справочник по экстракции. – Т.1. – М.: Атомиздат, 1976. – 598 с.
- 6 Уткин Н.И. Металлургия цветных металлов – М.: Металлургия, 1985.
- 7 Воскобойников В. Г. Общая металлургия. – М.: - Металлургия, 1985.
- 8 Катаев А. В. Физико-химические, экстракционные и комплексообразующие свойства функционализированных трет-карбоновых кислот Versatic: диссертация на соискание ученой степени кандидата химических наук: 02.00. 04 : дис. – 2016.
- 9 ДЮСЕМБАЕВА С. Е. и др. Перспектива внедрения ионообменных процессов. Катионообменная экстракция. Сообщение
- 10 [Электронный ресурс]. Режим доступа: [Технология LIX 984N 984N — восстановление меди из выщелачивающих растворов](#)
- 11 Maes, C., Tinkler, O., Moore, T., and Mejías, J. 2003. The evolution of modified aldoxime copper extractants. In Proceedings copper 2003 hydrometallurgy of copper: modelling, impurity control and solvent extraction, vol. 6, book 2, eds. P. A. Rivieros, D. G. Dixon, D. B. Dreisinger, and J. H. Menacho, 753–760. Montreal: Canadian Institute of Mining, Metallurgy and Petroleum.
- 12 Flett, D. S. 1974. Solvent extraction in copper hydrometallurgy: A review. Trans. Inst. Min. Metall. C 83:C30–C38.
- 13 Grinbaum V. Optimization of Cu SX by control of the acidity / Copper, Toronto, Canada, 26-29 August 2007 – P.P. 81- 87.
- 14 Bishop M.D. et al. Investigation of evaporative losses in solvent extraction circuits / Copper, Phoenix, Arizona, USA, 10-13 October, 1999 – P.P. 277-289.
- 15 Bishop, M.D. et al. “Investigation of evaporative losses in solvent extraction circuits.” Copper, Phoenix, Arizona, USA, 10-13 October, 1999. Ed. S.K. Young, D.B. Dreisinger, R.P. Hackl, and D.G. Dixon. Montreal Quebec: Canadian Institute of Mining, Metallurgy and Petroleum, 1999. 277-289.

16 Hartmann, T. and Corbella, J. “Tailor made crud treatment with 3 phase separating centrifuge.” Copper, Toronto, Canada, 26-29 August 2007. Ed. P.A. Riveros, D.G. Dixon, D.B. Dreisinger, M.J. Collins. Montreal, Quebec: Canadian Institute of Mining Metallurgy and Petroleum, 2007.

17 Readett, D.J. and Miller, G.M. “The impact of silica on solvent extraction: Girilambone Copper Company case study.” Copper, Santiago, Chile, 26-29 November 1995. Ed. W.C. Cooper, D.B. Dreisinger, J.E. Dutrizac, H. Hein, and G. Ugarte. Montreal, Quebec: Canadian Institute of Mining Metallurgy and Petroleum, 1995. 679-690.

18 Virnig, M.J. et al. “Crud formation: field studies and fundamental studies.” Copper, Toronto, Canada, 26-29 August 2007. Ed. P.A. Riveros, D.G. Dixon, D.B. Dreisinger, M.J. Collins. Montreal, Quebec: Canadian Institute of Mining Metallurgy and Petroleum, 2007. 291-303.

19 Kordosky, G. and Virnig, M. “Degradation of Copper SX reagents in the presence of nitrate contributing factors.” Copper, Toronto, Canada, 26-29 August 2007. Ed. P.A. Riveros, D.G. Dixon, D.B. Dreisinger, M.J. Collins. Montreal, Quebec: Canadian Institute of Mining Metallurgy and Petroleum, 2007.

20 Soderstrom, Matthew. “Copper Solvent Extraction: Concentrate Leach Considerations.” Copper, Toronto, Canada, 26-29 August 2007. Ed. P.A. Riveros, D.G. Dixon, D.B. Dreisinger, M.J. Collins. Montreal, Quebec: Canadian Institute of Mining Metallurgy and Petroleum, 2007.

21 Bishop, M.D. et al. “Investigation of evaporative losses in solvent extraction circuits.” Copper, Phoenix, Arizona, USA, 10-13 October, 1999. Ed. S.K. Young, D.B. Dreisinger, R.P. Hackl, and D.G. Dixon. Montreal Quebec: Canadian Institute of Mining, Metallurgy and Petroleum, 1999. 277-289.

22 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ по применению Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. Москва, 2007

23 Марченко Н. В. Металлургия тяжелых цветных металлов. Красноярск, ИПК СФУ, 2009 с. 14-15

24 Мировой рынок сырья: медь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [Мировой рынок сырья: медь \(gazprombank.investments\)](http://gazprombank.investments)

25 О реализации Инициативы прозрачности деятельности добывающих отраслей в Республике Казахстан за 2016 год: 12-й Национальный отчет [Электронный ресурс]. Режим доступа: [ru-the-12th-national-report.pdf \(yandex.kz\)](http://ru-the-12th-national-report.pdf(yandex.kz))

26 Добыча и производство меди в Казахстане: обзор рынка [Электронный ресурс] / Информационное агентство REGNUM. Режим доступа: [Добыча и производство меди в Казахстане: обзор рынка \(regnum.ru\)](http://regnum.ru)

27 [Электронный ресурс]. Режим доступа: Медные алхимики - KAZ Minerals

28 Chepushtanova, T., Yessirkegenov, M., Mamyrbayeva, K., Akcil, A., & Gaipov, T. (2024). Extraction of Copper from Pregnant Leach Solution (PLS) and

Reduction of Crud Formation. Mineral Processing and Extractive Metallurgy Review, 1-13.

29 Ruiz, M.C., Risso, J., & Seguel, J. R. Padilla (2020). Solvent extraction of copper from sulfate-chloride solutions using mixed and modified hydroxyoxime extractants. Minerals Engineering, 146, 106109.

30 Моя, L., Bednarski, T., Fischman, A., Mccallum, T., & Zambra, R. (2018). New additive to reduce crud formation in solvent extraction operations. Hydroprocesses 2018, 10th International Seminar on process Hydrometallurgy.

31 Miller, G. (2011). Methods of Managing Manganese Effects on Copper Solvent Extraction Plant Operations. Solvent Extr. Ion Exch., 29(5–6), 837–853.

32 Закон РК «О безопасности и охране труда» от 28 Февраля 2004 г. 528-II 3 // Электронная версия на сайте <http://www.government.kz>

33 Закон РК «О труде в Республике Казахстан» от 10 Декабря 1999 г. 493-I // Электронная версия на сайте <http://www.government.kz>

34 Злобинский Б.Н. Охрана труда в металлургии. – М.: Металлургия, 1975.

35 A. Matthew Wilson and other. Solvent extraction: the coordination chemistry behind extractive metallurgy - Chem. Soc. Rev., 2014,43, 123-134.

36 Nicholson H. M., Мое А., Kan D. and Crane P. A. Developments at Central Asia metals' Kounrad Project – Горный Журнал Казахстана, 3, 2017 – 40-46 с.

37 Chepushtanova, T. A., Yessirkigenov M.I., Mamyrbayeva K.K., Merkibayev, Nikolosky A. Testing of the optimum extragent for solvent-extraction of Almaly deposit copper. KOMPLEKSNOE ISPOLZOVANIE MINERALNOGO SYRA. № 4, P. 77-83, 2022.

38 M. S. Prasad, V. P. Kenyen & D. N. Assar (1992) Development of SX-EW Process for Copper Recovery—An Overview, Mineral Processing and Extractive Metallurgy Review, 8:1-4, 95-118, DOI: 10.1080/08827509208952680

39 H. Aminian, C. Bazin, Rate of crud formation in a copper pilot plant settler, Minerals Engineering, Volume 12, Issue 8, 1999, Pages 985-990.

40 Сколько медной руды добыли в Казахстане с 1990 года [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://lsm.kz/skol-ko-mednoj-rudy-dobyli-v-kazahstane-infografika>