

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРҒЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

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

Ө.А.Байқоңыров атындағы тау – кен металлургия институты

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

Жаңабаев Мейіржан, Ілгербай Ақниет

Мысты каприл қышқылымен экстракциялау барысында экстракциялық қоспаға ТБФ қосу
әсерін зерттеу

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

6В07203 – Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту

Алматы 2023

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРҒЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

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

Ө.А.Байқоңыров атындағы тау – кен металлургия институты

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

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

МПЖЖАМТ кафедра меңгерушісі қауымд. проф.,

Ph.D., тех. ғыл. канд,

 Чепуштанова Т.А.

« 09 » 06 2023 ж.

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: " Мысты каприл қышқылымен экстракциялау барысында экстракциялық қоспаға ТБФ қосу әсерін зерттеу"

6В07203 – Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту

Орындаған

Жаңабаев Мейіржан, Ілгербай Ақниет

Рецензент

МжКБ

институтының

Гидрометаллургиялық арнайы

әдістері зертханасының

меңгерушісі,

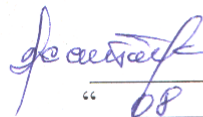
техника ғылымдарының кандидаты

 Койжанова А. К.

« 09 » 06 2023 ж.

Ғылыми жетекші

тех. ғыл. магистры., аға оқытушы



Алтмышбаева Ә.Ж.

« 08 » 06 2023 ж.



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

Алматы 2023

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРҒЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

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

Ө.А.Байқоңыров атындағы тау – кен металлургия институты

«Металлургиялық процестер, жылутехникасы және арнайы материалдар
технологиясы» кафедрасы

6В07203 – Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту



БЕКІТЕМІН

МТЖ-ж-АМТ кафедра меңгерушісі

қауымд. проф., Ph.D., техн. ғыл. канд.

Чепуштанова Т.А.

«22» 12 2022 ж.

**Дипломдық жұмысты орындауға арналған
ТАПСЫРМА**

Білім алушы: Жаңабаев Мейіржан, Ілгербай Ақниет

Тақырыбы: Мысты каприл қышқылымен экстракциялау барысында
экстракциялық қоспаға ТБФ қосу әсерін зерттеу

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

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі : «8» маусым 2023 ж.

Дипломдық жұмыстың бастапқы деректері: экстракцияға ұсынылатын
әдебиеттер, керосиндегі каприл қышқылы және каприл қышқылы мен
трибутилфосфат қоспаларының ерітіндісі бар экстрагент, құрамында мыс бар
ерітінділер, қажетті экстракциялық аппараттар.

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

- а) сулы ерітінділерден мысты бөліп алу мәселелерінің қазіргі жағдайын
көрсететін әдеби деректер;
- б) керосиндегі каприл қышқылы және каприл қышқылы мен трибутилфосфат
қоспасының ерітінділерімен экстракциялық қасиеттерін зерттеу бойынша
деректерді көрсететін эксперименттік бөлім;
- в) экстракциялау арқылы алынған экстракттардан мысты реэкстракциялау
процесі;

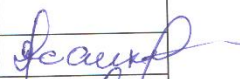

Графикалық материалдар тізімі (міндетті сызбаларды дәл көрсете отырып)
жұмыс презентациясы 22 слайдтарда көрсетілген.

Ұсынылатын негізгі әдебиеттер: 23 атаулардан тұрады

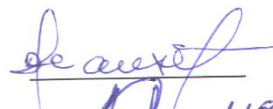
Дипломдық жұмысты (жобаны) дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлімдердің атауы, зерттеп дайындалатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге ұсыну мерзімдері	Ескерту
Кіріспе	20.01.2023	
Аналитикалық бөлім	20.02.2023	
Тәжірибелік бөлім	14.04.2023	
Экономикалық бөлім	26.04.2023	
Қорытынды	23.05.2023	
Норма бақылау	09.06.2023	

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

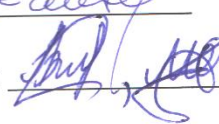
Бөлімдер атауы	Кеңесшілер, тегі, аты, әкесінің аты, (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Экономикалық бөлімі	Алтмышбаева Ә.Ж.	26.04.2023	
Норма бақылаушы	Қоңыратбекова С.С. (т.ғ.к)	09.06.2023	

Ғылыми жетекші



Алтмышбаева Ә.Ж.

Білім алушы тапсырманы орындауға алды Ілгербай А



Жаңабаев М.,

Күні

" 01 " 06 2023 ж.

АНДАТПА

Диплом жұмысы 70 бетте жазылған, ішінде 3 бөлім, 26 сурет, 17 кесте бар. Жұмыста пайдаланылған әдебиеттер саны 23.

Зерттеудің нысандары каприлдық қышқылы негізіндегі реагент және құрамында мыс бар сулы ерітінділері болып табылады.

Жұмыстың мақсаты – мысты бөліп алудың оңтайлы шарттарын анықтау және экстракциялық процесте керосиндегі каприл қышқылы және каприл қышқылы мен трибутилфосфат қоспасының ерітінділерін қолдану тиімділігін бағалау болды.

Жұмыста қолданылған екі реагентпен әр түрлі жағдайдағы мысты шығаруды зерттеудің нәтижелері көрсетілген (сулы ерітіндідегі мыстың құрамы, фазалар ара қатынасы және бастапқы мысы бар ерітіндінің рН-ы, сілтілі реагент шығыны, экстракцияның өту ұзақтығы).

Жұмыс аясында әдебиетке шолу жасалып, онда экстракциялық процесте реагенттерді пайдалану қарастырылды. Экстракция принциптері мен реагенттердің химиялық қасиеттері, сондай-ақ оның мысты бөліп алу әсері зерттелді.

Зерттеу нәтижелері трибутилфосфотты экстракциялық қоспаға мысты бөліп алудың оңтайлы екенін көрсетті. Деректерді статистикалық өңдеу жүргізілді және экстракциялық процесте трибутилфосфотты қолдану тиімділігі бағаланды.

Мыс реэкстракциясы және экстрагенттерді регенерациялауды зерттеу мүмкіндігі реэкстракциялаушы ерітінділер ретінде минералды қышқыл ерітінділері, атап айтқанда күкірт қышқылы ерітіндісін пайдаланудың әсері көрсетілді.

Жұмыста жасалған зерттеу жұмысының қажетті экономикалық есептеулер орындалған.

АНОТАЦИЯ

Дипломная работа написана на 70 страницах, содержит 3 раздела, 26 рисунков, 17 таблиц. Количество использованной в работе литературы 23.

Объектами исследования являются реагент на основе каприловой кислоты и водные растворы содержащие медь.

Целью работы было определение оптимальных условий извлечение меди и оценка эффективности применения в экстракционном процессе растворов каприловой кислоты в керосине и каприловой кислоты и трибутилфосфатной смеси.

В работе были использованы два реагента, показаны результаты исследования извлечение меди в различных условиях (содержание меди в водном растворе, соотношение фаз и рН раствора с исходной медью, расход щелочного реагента, длительность прохождения экстракции).

В рамках работы был проведен обзор литературы, в котором предусматривалось использование реагентов в экстракционном процессе. Изучено принципы экстракции и химические свойства реагентов, а также его влияние на извлечение меди.

Результаты исследования показали эффективность экстракционной смеси каприловой кислоты с добавкой трибутилфосфата для извлечения меди из растворов. Была проведена статистическая обработка данных и оценена эффективность применения трибутилфосфата в экстракционном процессе.

Возможность исследования реэкстракции меди и регенерации экстрагентов продемонстрировали влияние использования минеральных кислотных растворов в качестве реэкстракционных растворов, в частности серной кислоты.

В работе выполнены необходимые экономические расчеты, проведенной исследовательской работы.

ANNOTATION

The thesis is written on 70 pages, contains 3 sections, 26 figures, 17 tables. The number of literature used in the work is 23.

The objects of the study are a reagent based on caprylic acid and aqueous solutions containing copper.

The aim of the work was to determine the optimal conditions for the extraction of copper and to evaluate the effectiveness of the use of solutions of caprylic acid in kerosene and caprylic acid and tributyl phosphate mixture in the extraction process.

Two reagents were used in the work, the results of the study of copper extraction under various conditions are shown (the copper content in an aqueous solution, the ratio of phases and pH of the solution with the initial copper, the consumption of an alkaline reagent, the duration of extraction).

As part of the work, a literature review was conducted, which provided for the use of reagents in the extraction process. The principles of extraction and chemical properties of reagents, as well as its effect on the extraction of copper, have been studied.

The results of the study showed the effectiveness of extracting copper into an extraction mixture of tributylphosphate. Statistical data processing was carried out and the effectiveness of the use of tributylphosphate in the extraction process was evaluated.

The possibility of investigating copper re-extraction and regeneration of extractants demonstrated the effect of using mineral acid solutions as re-extraction solutions, in particular sulfuric acid.

The necessary economic calculations reflecting the effectiveness of the research work carried out are carried out in the work.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	10
1 Аналитикалық шолу	11
1.1 Табиғатта мыстың кездесуі	11
1.2 Қазақстандағы мыс кен орындары, қорлары және өндіру	15
1.3 Құрамында мыс бар кендер мен концентраттарды гидрометаллургиялық өңдеу	18
1.3.1 Гидрометаллургиялық процесстердің жалпы сипаттамасы	18
1.3.2 Мыс гидрометаллургиясы	19
1.3.3 Мысты сулы ерітінділерден экстракциялау	24
1.3.4 Мысты сулы ерітінділерден ион алмастыру экстракциясы	28
1.4 Мысты тұтыну және пайдалану	28
2 Эксперименттік бөлім	32
2.1 Экспериментті орындау әдісі	32
2.1.1 Реактивтер мен реагенттер	32
2.1.2 Құрал-жабдықтар мен аппараттар	35
2.1.3 Керосиндегі каприл қышқылымен мысты бөліп алу процесі үшін сілтінің теориялық мөлшерін есептеу	36
2.1.4 Зерттеулер мен анализдерді орындау әдістері	37
2.1.5 Эксперименттік мәліметтерді өңдеу	38
2.2 Керосиндегі каприл қышқылының ерітіндісімен мысты бөліп алу	41
2.2.1 Керосиндегі каприл қышқылының ерітіндісімен мысты бөліп алу процесінде органикалық және сулы фазалардың жанасу уақытының әсерін бағалау	41
2.2.2 Сулы ерітіндісінен мысты керосиндегі каприл қышқылының ерітіндісімен экстракциялауға сілтілі реагенттер шығынының әсерін зерттеу	43
2.2.3 Сулы фазадағы мыс концентрациясының оны керосиндегі каприл қышқылының ерітіндісімен экстракциялауға әсерін зерттеу.	46
2.2.4 Керосиндегі каприл қышқылының ерітіндісімен мысты бөліп алу кезінде органикалық және сулы фазалардың қатынасының әсерін зерттеу	49
2.3 Керосиндегі каприл қышқылы мен трибутилфосфат қоспасының ерітіндісімен мысты бөліп алу	51
2.3.1 Сулы фазадағы мыс концентрациясына керосиндегі каприл қышқылы мен трибутилфосфат қоспасының ерітіндісімен экстракциялауға әсерін зерттеу	53
2.3.2 Каприл қышқылы мен трибутилфосфат қоспасының ерітіндісімен мысты бөліп алу кезінде органикалық және сулы фазалардың қатынасының әсерін зерттеу.	57

2.3.3	Мысты каприл қышқыл мен трибутилфосфат қоспасының ерітіндісімен экстракциялауға сілтілі реагенттер шығынының әсерін зерттеу	59
2.4	Керостндегі Каприл қышқылы және каприл қышқылы мен трибутилфосфат реагенттерімен экстракциялау арқылы алынған экстракттардан мысты реэкстракциялау	62
3	Экономикалық бөлім	64
3.1	Зерттеу жүргізуге арналған шығындарды есептеу	64
3.2	Амортизациялық аударымдарды есептеу	64
3.2.1	Негізгі және қосалқы материалдарға арналған шығындарды есептеу	65
3.2.2	Электр энергиясының шығындарын есептеу	65
3.2.3	Суық су шығындарын есептеу	66
3.3	Шығындардың жалпы сомасын есептеу	66
	Қорытынды	67
	Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	69

КІРІСПЕ

Қазіргі кезде металдарды шығару және қайта өңдеу проблемасы барған сайын өзекті және маңызды болып отыр. Металдар электроника мен машина жасаудан бастап энергетика мен құрылысқа дейінгі өнеркәсіптің түрлі салаларында маңызды рөл атқарады. Металдарды алу процесінің маңызды кезеңдерінің бірі экстракция болып табылады, ол арнайы экстракциялық қоспаларды пайдалана отырып, ерітінділерден мақсатты металды бөліп алуға мүмкіндік береді.

Экстракциялық процестерде қолданылатын ықтимал еріткіштердің бірі каприл қышқылы болып табылады. Ол мысты қоса алғанда, көптеген металдарға еріткіш қабілеті жоғары. Алайда, алу процесінің тиімділігін арттыру және оның сипаттамаларын жақсарту үшін трибутилфосфот (ТБФ) сияқты қоспаларды пайдалануға болады. ТБФ металдарды алуды жақсарту және жүйенің тұрақтылығын арттыру үшін экстракциялық процестерде кеңінен қолданылады[10].

Жұмыстың өзектілігі. Экстракция - металдарды, оның ішінде мыстың гидрометаллургиясында алу мен бөлудің неғұрлым белгілі және перспективалы әдістерінің бірі. Жаңа экстрагенттерді іздеу және олардың экстракциялық қасиеттерін зерттеу бастапқы және қайталама шикізатты өңдеу барысында алынатын өнімді ерітінділерден мысты алу мен бөлудің технологиялық схемаларын жетілдіруге мүмкіндік береді.

Бұл өнеркәсіптік ауқымда мыс экстракциясы пайдаланылмайтын Қазақстан үшін маңызды. Экстракцияны пайдалану кен шикізатын өңдеу технологиясын жеңілдетуге, энергия шығындарын азайтуға, құрамында мысы бар бай ерітінділерді ала отырып, қоршаған ортаға экологиялық жолдарды азайтуға мүмкіндік береді.

Сулы ерітінділердегі мыс негізінен катиондар түрінде болады, сондықтан оны алу үшін катион алмасу, бейтарап экстрагенттер және әртүрлі типтегі экстрагенттердің қоспалары таңдамалы болуы мүмкін, оларды пайдалану кезінде синергетикалық әсер пайда болуы мүмкін.

Осы дипломдық жұмыстың мақсаты – керосиндегі каприл қышқылы және каприл қышқылы мен трибутилфосфат қоспаларының ерітінділерімен мысты бөліп алу процесіне әсерін зерттеу болып табылады. Мысты экстракциялау жағдайларын оңтайландырудың практикалық тұрғыдан маңызы өте жоғары, себебі мыс өнеркәсіптің түрлі салаларында қолданылатын ең маңызды металдардың бірі болып табылады.

1 Әдеби шолу

1.1 Табиғатта мыстың кездесуі

Жер қыртысында мыс мөлшерінің массасы шамамен $5 \cdot 10^{-3}$ %. Мыс таза күйінде өте сирек кездесед (ең үлкен бөлшегі Солтүстік Америкада табылған 420 тонна). Құрамында мыс бар 170 минерал белгілі, оның 17-сі өнеркәсіптік ауқымда қолданылады (1-кесте). Кендердің ішінде сульфидті кендер ең көп таралған [1].

Кесте 1 – Мыстың негізгі минералдары

Минералдары	Химиялық формуласы	қаттылығы	тығыздығы	түсі	Мыс құрамы
Халькопирит (Chalcopyrite)	CuFeS_2	3,5-4	4,2 г/см ³	жарқыраған сары-алтын түс	34,6 %
Борнит (Bornite)	Cu_5FeS_4	3	5 г/см ³	Қызыл немесе қою көк	63,3 %
Малахит (Malachite)	$\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$	3,5-4	4 г/см ³	Жасыл	57,5 %
Азурит (Azurite)	$\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$	3,5-4	3,7 г/см ³	Қою көк немесе көк	55,1 %
Хризосола (Chrysocolla)	$(\text{Cu},\text{Al})_2\text{H}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	2-4	2 г/см ³	түрлі түсті, соның ішінде көк, жасыл, қоңыр	қоспаларға байланьысты

1-кестенің жалғасы

Минералдары	Химиялық формуласы	қаттылығы	тығыздығы	түсі	Мыс құрамы
Тенорит (Tenorite)	CuO	3,5-4	6 г/см ³	Қара немесе қою көк	79,9 %
Куприт (Cuprite)	Cu ₂ O	3,5-4	6 г/см ³	қызылдан қызылқоңырға дейін	88,8 %
Мыс сульфаты (Chalcocite)	Cu ₂ S	2,5-3	5,5 г/см ³	Қара немесе қою сұр	79,8 %
Ковеллит (Covellite)	CuS	1,5-2,5	4,6 г/см ³	Қою көк	66,0 %
Дигенит (Digenite)	Cu ₉ S ₅	2,5-3	5,6 г/см ³	қара	79,3 %

Солтүстік және Оңтүстік Американың әртүрлі бөліктерінде, Африкада және біздің еліміздің аумағында мыс кендерінің ірі кен орындары табылған 18-19 ғасырларда. Онега көлінің маңында жергілікті мыс өндірілді, ол Санкт-Петербургтегі теңге сарайына жіберілді. Орал мен Сібірдегі өнеркәсіптік мыс кен орындарының ашылуы Никита Демидов есімімен байланысты. Ол Петр I жарлығымен 1704 жылы мыс ақшаны өндіре бастады.

Мыстың бай кен орындары бұрыннан игерілген. Бүгінгі күні металдың барлығы құрамында мыс мөлшері 1 %-дан аспайтын төмен сұрыпты кендерден өндіріледі. Кейбір мыс оксиді кендерін кокспен қыздыру арқылы тікелей металға келтіруге болады. Дегенмен, мыстың көп бөлігі құрамында темірі бар сульфидті кендерден алынады, бұл күрделі өндеуді қажет етеді. Бұл кендер салыстырмалы түрде кедей, оларды пайдаланудың экономикалық тиімділігі өндіріс ауқымының ұлғаюымен ғана қамтамасыз етіледі [2].

Барлық мыс кен орындарының түрлері [3]:

- порфирді;
- қатпарланған;
- карбонатты;

- склерозды;
- склероидты;
- кварц тамырларындағы мыс;
- скамясты;
- қабатты мыс;
- ұңғылық мыс;
- платина-мыс;
- супергенді мыс;
- күмбезді мыс;
- құрамында күміс мөлшері жоғары мыс;
- құрамында алтыны жоғары мыс;
- мыс түйіршіктері бар ұңғымалық шөгінділері.

Порфирді мыс кен орындары: Бұл кен орындары гидротермиялық белсенділік нәтижесінде пайда болады және плагиоклаз, кварц және биотит сияқты балқыған жыныстары бар ірі кен орындарының болуымен сипатталады. Бұл кен орындар өте көп кездеседі.

Қатпарланған мыс кен орындары: Бұл кен орындар гидротермиялық процестерінің нәтижесінде пайда түзіледі. Бұл кен орындар көп кездеседі әрі бұл кендер қатты болып табылады.

Карбонатты мыс кен орындары: Бұл кен орындарында әктас және доломит сияқты карбонатты жыныстардың метаморфизмінен пайда болған мыс кендері.

Склерозды мыс кен орындары: олар сульфидті кендердің тотығу және гидратация процестерінің нәтижесінде түзіледі. Осы химиялық реакциялардың нәтижесінде мыс кендері берік және қатты болады.

Склероидты мыс кен орындары: бұл атмосфералық жағдайлардың әсерінен сульфидті кендердің тотығуы және гидратациялануы нәтижесінде пайда болатын кендер.

Кварц тамырларындағы мыс шөгінділері: Бұл шөгінділерде кварц жыныстарына енетін қосындылар мен тамырлар түрінде табылған мыс бар.

Скамясты мыс кен орындары: бұл кен орындарында мыс құмтас және тақтатаас сияқты шөгінді жыныстарда қоспалар ретінде кездеседі.

Қабатты мыс кен орындары: Бұл мыс тау жыныстары қабаттарын немесе қабаттарды құрайтын тау жыныстарында таралған кен орындары.

Ұңғылық мыс кен орындары: бұл шөгінділерде ұңғымалардың айналасында жиналатын және жарықтар мен кеуектер арқылы негізгі жыныстарға енетін мыс бар.

Платина-мыс кен орындары: Бұл платина, палладий және родий сияқты платина металдарымен біріктірілген мыс бар кен орындары.

Супергенді мыс кен орындары: бұл кен орындары атмосфералық жағдайлардың, судың және микроорганизмдердің әсерінен мыс кендерін өңдеу және химиялық реакциялар нәтижесінде пайда болады [3].

Күмбезді мыс кен орындары: олар магма жер қыртысына еніп, мыс кендері бар күмбезді құрылымдарды түзген кезде жанартау әрекетінен пайда

болады.

Құрамында күміс мөлшері жоғары мыс кен орындары: Бұл кен орындарында мыспен бірге күмістің едәуір мөлшері бар.

Құрамында алтыны жоғары мыс кен орындары: мыс, жоғары алтын құрамымен қатар жүретін кен орындары.

Мыс түйіршіктері бар ұңғымалық шөгінділері: мұндай кен орындарында мыс химиялық реакциялар мен мыстың тұнбаға түсуі нәтижесінде түзілетін ұсақ концентрлі түзілімдер, түйіршіктер түрінде кездеседі.

Көбінесе полиметалл рудалары мыс көзі ретінде қызмет етеді, оларда мысдан басқа темір, мырыш, қорғасын және басқа металдар бар. Қоспалар ретінде мыс рудаларында әдетте микроэлементтер (кадмий, селен, теллур, галлий, германий және т.б.), сондай-ақ күміс, кейде алтын болады.

Теңіз суында шамамен $1 \cdot 10^{-8}$ % мыс бар. Мыс тереңдіктің ыстық суларында да, биосфераның суық ерітінділерінде де қарқынды түрде ауыса береді; күкіртсутек табиғи сулардан әртүрлі мыс сульфидтерін тұндырады, олардың өндірістік маңызы зор.

Мыс оксидті және сульфидті кендерден өндіріледі. Барлық өндірілген мыстың 80 %-ы сульфидті кендерден балқытылады. Әдетте, мыс кендерінде бос жыныстар көп болады. Сондықтан мысты алу үшін байыту процесі қолданылады. Мысты сульфидті кендерден балқыту арқылы алады. Рудадан алудың салыстырмалы қолжетімділігіне және төмен балқу температурасына байланысты мыс адам кеңінен игерген ең бірінші металл болып табылады.

Кеннің генетикалық-геологиялық белгілері бойынша жіктелуі:

- гидротермиялық – оны мыс порфирді түрі деп атайды;
- стратиформды – бұл құмтастар мен тақтатастар;
- магмалық – бұл кеннің құрамында никель бар;
- карбонатты – темір-мыс және карбонатит құрамы бар.

Таза мыс көптеген құнды қасиеттеріне байланысты машина жасау мен өнеркәсіпте кеңінен қолданылады. Мыстың ең маңызды қасиеттері жоғары электр және жылу өткізгіштік, жоғары икемділік және суық және қыздырылған күйлерде пластикалық деформацияға ұшырау қабілеті, коррозияға төзімділігі. Электр және жылу өткізгіштігі бойынша мыс күмістен кейін екінші орында және меншікті жылу сыйымдылығы өте жоғары.

Өндірілетін мыстың 50 %-дан астамы электр өнеркәсібінде (таза металды мыс) пайдаланылады; мыстың шамамен 30-40 %-ы үлкен маңызы бар (мыс, қола, мельхиор және т.б.) қорытпалар түрінде қолданылады. Мысалы, жартылай өткізгіш аспаптар өндірісінде металл ретінде мыс құрылғының бөлшектерін, ең алдымен қорғасындар мен кристалды ұстағыштарды (кристалдық ұстағыш - жартылай өткізгіш пластина тікелей бекітілген бөлік), қуатты құрылғылар мен бөлшектерді жасау үшін қолданылады. технологиялық жабдықтың [3].

1.2 Қазақстандағы мыс кен орындары, қорлары және өндіру

Ең үлкен кен қоры Чилиде орналасқан – дүние жүзіндегі кеннің 34 %. АҚШ пен Перудың әрқайсысында қазба кен орындарының 9 % бар. Шығыс Сібір, Орал және Кола түбегі кен орындарының 5 % құрайды (1-сурет) [4].



1 - сурет – Мыстың дүние жүзіндегі қорлары

Мыстың дүниежүзілік кен орындары Африка континентінде, Оңтүстік Америкада, Канадада, Австралияда орналасқан. Еуропа елдерінің ішінде Польша ең бай. Қытай Моңғолияда да мыс кендері бар.

Порфирлік кен орындары Батыс Тынық мұхит белдеуінде, Жерорта теңізі аймақтарында орналасқан. Оларға Қазақстан, Армения, Өзбекстан иелік етеді.

Мыстың көп мөлшері басқа пайдалы қазбалар сияқты мұхиттардың түбінде орналасқан. Төменгі жағында шамамен 0,5 % мыс бар дөңгелек тастардың шоғырлары бар. Геологтардың талдауы бойынша мұхиттағы мыс кенінің қоры 5 млрд тоннаға жетеді. Мыстың 250-ге жуық минералы бар, бірақ олардың 20-сы ғана өнеркәсіпте қолданылады [4].

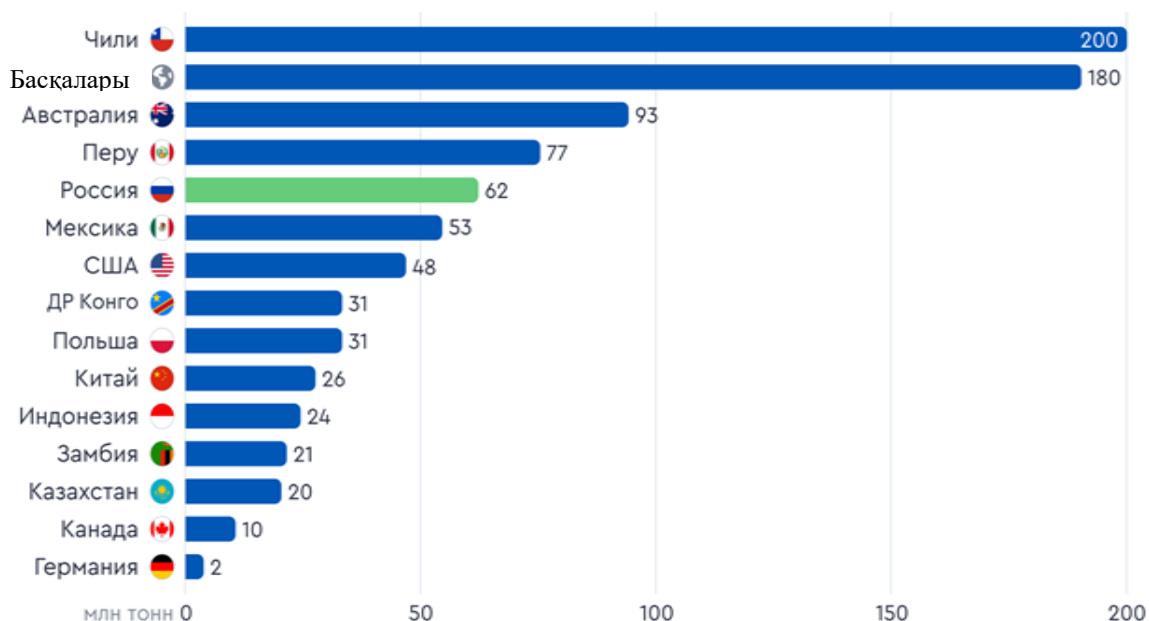
Дүние жүзіндегі мыс қоры

Мыстың ең көп мөлшері, шамамен 65 % Солтүстік және Оңтүстік Америкада кездеседі. Ресурстардың 15 %-ы Еуропа мемлекеттеріне, 11 %-ы азиялықтарға, 4,5 %-ы африкалықтарға тиесілі. Чилиде ең үлкен дәлелденген мыс қоры бар. Дүние жүзіндегі қорлардың шамамен 20 %-ы сонда орналасқан. Ал АҚШ-та – 12,7 %. Бұл елдерден басқа Польша, Индонезия, Иран, Қазақстан, Қытай, Өзбекстан, Филиппин, сондай-ақ Заир, Замбия, Бразилия, Канада, Мексика, Панама, Перу, Австралияда мыс көп. Бұл штаттардың әрқайсысында, сарапшылардың бағалауы бойынша, шамамен 10 млн (2-кесте) [5].

Кесте 2 – Мыстың әлемдік қорлары мен кен өндіруі

Мемлекет	Кен өндіру (жылына мың тонна)	Қорлар (млн тонна)
Чили	5,38	140
США	1,16	35
Перу	1	30
Индонезия	0,8	35
Австралия	0,85	24
Ресей	0,84	20
Қытай	0,62	26
Әлем	14,49	467

Қазақстандағы мыстың қоры 19,5 млн тоннаға (2-сурет) (2020 жылдың қаңтары) бағаланып отыр. Көрсеткіш 1991 жылдың қаңтарымен салыстырғанда 2,6 млн тоннаға азайған [5].



2 - сурет – Мыстың дүние жүзілік қорлары (млн.тонна)

Қазақстан әлемдегі ең ірі мыс өндірушілердің бірі болып табылады, өйткені бұл металдың көптеген кен орындары бар.

Олардың кейбіреулерін қарастырайық:

Балқаш кен орны: Қазақстанның шығысында орналасқан, әлемдегі ең

ірі мыс кен орындарының бірі. 2020 жылы Балқашта мыс өндіру шамамен 280 мың тоннаны құрады.

Коньярское кен орны: Қазақстанның батыс бөлігінде, Ресеймен шекараға жақын орналасқан. 2020 жылы мұнда 40 мың тоннаға жуық мыс өндірілді.

Бөшекүл кен орны: Қазақстанның оңтүстік бөлігінде, Жамбыл облысында орналасқан. 2020 жылы Бөшекөлде мыс өндіру шамамен 10 мың тоннаны құрады.

Зейлихин кен орны: Қазақстанның орталық бөлігінде, Қарағанды қаласына жақын жерде орналасқан. 2020 жылы мұнда 9 мың тоннаға жуық мыс өндірілді.

Ақтоғай кен орны: Қазақстанның шығыс бөлігінде, Қарағанды облысында орналасқан. 2020 жылы Ақтоғайдағы мыс өндірісі шамамен 13 мың тоннаны құрады.

Бұл Қазақстандағы барлық мыс кен орындары емес, бірақ бұлар ең ірі және ең танымал кен орындарының бірі.

Қазақстан әлемдегі ең ірі мыс өндіруші және экспорттаушы елдердің бірі болып табылады. Еліміздегі мыс қоры 36 млн тоннаға бағаланады, бұл дүние жүзіндегі мыс қорының 5 %-ға жуығын құрайды. 2020 жылы Қазақстанда мыс өндіру 300 мың тоннадан астамды құрады, бұл 2019 жылмен салыстырғанда 6,3 %-ға аз. Бұл әлемдегі көптеген металдарды өндіруге әсер еткен COVID-19 пандемиясының жағымсыз салдарына байланысты. 2021 жылы Қазақстанда 407 мың тоннаға жуық мыс өндірілді, бұл әлемдік өндірістің шамамен 4,5 % құрайды [5]:

Дегенмен, Қазақстан мыстың маңызды экспорттаушысы болып табылады (3-сурет). 2020 жылы Қазақстаннан мыс экспорты 398,2 млн долларды құрады, бұл 2019 жылмен салыстырғанда 22,4 %-ға аз. Қазақ мысының негізгі сатып алушылары Қытай, Түркия, Үндістан, Корея және т.б. Қазақстандық мысты негізгі тұтынушылардың бірі – Қытай, 2020 жылы Қазақстаннан экспортқа шығарылатын мыстың 80 %-ға жуығын сатып алды. Сонымен қатар, мыс басқа елдерге, соның ішінде Ресей, Швейцария, Тайвань және т.б.



3 - сурет – Қазақстандағы мыс экспорттау (2020-2021 жыл)

1.3 Құрамында мыс бар кендер мен концентраттарды гидрометаллургиялық өңдеу

1.3.1 Гидрометаллургиялық процесстердің жалпы сипаттамасы

Гидрометаллургиялық процесстер – еріткіштерді (көбінесе сулы ерітінділер) пайдалана отырып, кендерден және басқа материалдардан металдарды алу процесстері, сондай-ақ металдарды алу үшін алынған ерітінділерді өңдеу процесстері. Мұндай процесстер алтын, күміс, мыс, никель, кобальт және басқалары сияқты металдарды алуда кеңінен қолданылады [6].

Гидрометаллургиялық процесстер, әдетте, бірнеше кезеңде өтеді. Бірінші кезеңде бастапқы материалдағы металдардың концентрациясын арттыру үшін

құрамында металдары бар материалдар ұнтақтау мен байытуға ұшырайды. Содан кейін еріткіштердің көмегімен материалдан металдарды алу процесі жүреді. Келесі кезеңде алынған ерітінді қоспаларды және басқа қажет емес компоненттерді кетіру үшін тазартылады. Содан кейін металдар ерітіндіден электролиз немесе басқа әдістермен бөлінеді.

Гидрометаллургиялық процестер металды қалпына келтірудің басқа әдістеріне қарағанда бірқатар артықшылықтарға ие. Олар пирометаллургиялық процестер сияқты басқа әдістерге қарағанда үнемді және экологиялық таза болуы мүмкін. Сонымен қатар, оларды басқа әдістермен өңдеу қиын немесе мүмкін емес кендерден металдарды алу үшін пайдалануға болады.

Дегенмен, гидрометаллургиялық процестердің де кемшіліктері бар. Олар басқа әдістерге қарағанда баяу және тиімділігі төмен болуы мүмкін. Сонымен қатар, химиялық заттар мен еріткіштерді пайдалану қоршаған ортаның ластануына әкелуі мүмкін.

Әр түрлі рудалар мен металдар үшін қолданылатын көптеген гидрометаллургиялық процестер бар. Ең кең таралған процестердің кейбірі мыналарды қамтиды:

- химиялық шаймалау – кеннен немесе концентраттардан металдарды қышқылдарда немесе сілтілерде еріту процесі;
- сорбция - сорбенттер деп аталатын арнайы материалдарды пайдаланып ерітіндіден металдарды алу процесі;
- экстракция - металдарды органикалық еріткішке беру арқылы ерітіндіден алу процесі;
- электролиз - электролиттегі еріген металл иондарын электрлік диссоциациялау арқылы металдарды алу процесі;
- кристалдану - температура немесе концентрация сияқты жағдайларды өзгерту арқылы металдар ерітіндіден тұнбаға түсетін процесс;
- флотация - кен мен материалды олардың беттік қасиеттерінің айырмашылығына негізделген бөлу процесі.

Әрбір процестің өзіндік артықшылықтары мен шектеулері бар және белгілі бір процесті таңдау кеннің түріне, металдың құрамына, материалдың химиялық қасиеттеріне және басқа факторларға байланысты [6].

1.3.2 Мыс гидрометаллургиясы

Мыс гидрометаллургиясы – кенден мысты алу үшін сулы ерітінділерді қолданатын мыс өндіру әдісі. Бұл әдіс көптеген елдерде, соның ішінде Қазақстанда да қолданылады және әлемде кең таралған мыс өндіру әдістерінің бірі болып табылады [7].

Мыс гидрометаллургиясының жұмыс принципі:

Мыс гидрометаллургиясы рудадан мысты алу үшін сулы ерітінділерді пайдаланады. Кенді ұсақтайды, содан кейін оны қышқыл немесе

сілті ерітіндісімен араластыратын реакторға салады. Ерітінді кен арқылы ағып, еріген мыс ерітіндіге түседі.

Содан кейін ерітінді мыс басқа минералдардан бөлінетін тазарту процесінен өтеді. Бұл электролиз, экстракция немесе цементтеу процесі арқылы орын алуы мүмкін. Электролиз процесінде электродтағы ерітіндіден мыс, экстракция процесінде мыс органикалық фазада, ал цементтеу процесінде мыс ерітіндідегі бөлшектер түрінде бөлінеді.

Мыс ерітіндіден бөлінгеннен кейін ол әртүрлі әдістерді қамтитын тазарту процесінен өтеді, мысалы, электролиттік тазарту, химиялық тазарту немесе электроконтакты өңдеу. Содан кейін мыс қалыптарға құйылады және салқындатылады. Содан кейін мыс кейінірек пайдалану үшін дұрыс өлшемдер мен пішіндерге келтіріледі.

Мыс гидрометаллургиясының артықшылықтары мен кемшіліктері:

Мыс гидрометаллургиясының негізгі артықшылықтарының бірі оның дәстүрлі пирометаллургиялық әдістермен өңдеуге келмейтін төмен сұрыпты кенді өңдеу мүмкіндігі болып табылады. Сонымен қатар, мыс гидрометаллургиясы пирометаллургиялық мыс өндіруге қарағанда энергияны аз пайдаланады, бұл пайдалану шығындарын азайтады және технологиялық процестің тиімділігін арттырады. Мыс гидрометаллургиясының тағы бір артықшылығы оның шығарындыларының азаюы және қоршаған ортаның ластануы болып табылады. Рудаларды жоғары температурада күйдіру сияқты пирометаллургиялық әдістер құрамында күкіртті сутегі мен азот оксиді сияқты қауіпті химиялық заттар бар көп мөлшерде қалдықтар мен ауаға шығарындыларды тудыруы мүмкін. Гидрометаллургиялық процесте бұл шығарындылар барынша азайтылады, бұл қоршаған ортаға теріс әсерді азайтады.

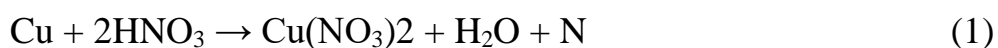
Дегенмен, гидрометаллургиялық процестің де кемшіліктері бар. Пирометаллургиялық әдістермен салыстырғанда реагенттер мен технологиялық жабдықты қолдануда ол қымбатырақ болуы мүмкін. Сонымен қатар, мыс гидрометаллургиясы мыс өндіру және өңдеу үшін ұзақ уақытты қажет етуі мүмкін, бұл өнімділікке әсер етуі мүмкін [7].

Металл өндірудің гидрометаллургиялық әдістерін келесі категорияларға бөлуге болады [8]:

Шаймалау (еріту) - металды ерітіндіде еріту үшін химиялық реакцияларды қолдану арқылы кенден металды алу процесі. Бұл процесс кенді ыдырату және металды алу үшін қышқылдарды, сілтілерді немесе басқа реагенттерді қолдануды қамтуы мүмкін. Шаймалау әртүрлі температура, қысым және рН сияқты әртүрлі жағдайларда орындалуы мүмкін.

Еріту процесінде қолданылатын реакциялар ол алынатын металл мен кеннің түріне және қолданылатын реагенттерге байланысты әртүрлі болуы мүмкін.

Мыстың еру реакциясы:

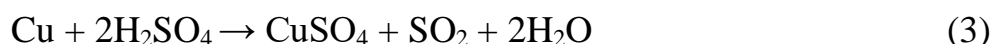




Бірінші жағдайда қышқыл мыс нитратын түзе отырып, мысты еріту үшін қолданылады. Екінші жағдайда мыс тұз қышқылы мен сутегі тотығы ерітіндісінде ериді, мыс хлоридін түзеді [8].

Мыстың еруі әртүрлі реагенттер мен шарттарды қолдану арқылы болуы мүмкін.

Мыстың күкірт қышқылында еру реакциясы:



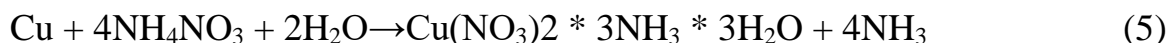
Бұл реакцияда мыс сұйылтылған күкірт қышқылында еріп, мыс сульфаты мен күкірт диоксидін түзеді.

Мыстың тұз қышқылында еру реакциясы:



Бұл реакцияда мыс тұз қышқылында ериді және мыс хлориді мен сутегін түзеді.

Аммоний нитратындағы мыстың еру реакциясы:



Бұл реакцияда мыс аммоний нитратында ериді, мыс пен аммонийдің күрделі ионын түзеді.

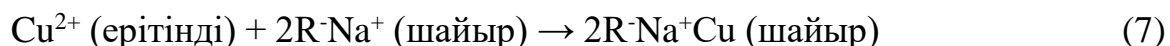
Мыстың натрий гидроксидінде еру реакциясы:



Мұнда мыс натрий гидроксидімен әрекеттесіп, мыс гидроксиді мен натрий түзеді.

Сорбция - металмен байланысып, оны ерітіндіден алып тастай алатын шайырлар немесе сорбенттер сияқты арнайы материалдарды пайдаланып ерітіндіден металды алу процесі. Сорбция процесі сорбенттердің әртүрлі түрлері, температура және ағын жылдамдығы сияқты әртүрлі жағдайларда орындалуы мүмкін.

Мысты ионалмастырғыш шайырларға сорбциялау кезінде болатын негізгі реакцияны келесідей көрсетуге болады:



мұндағы Cu^{2+} ерітіндідегі мыс иондарын білдіреді, R-Na^+ – мысты сорбциялай алатын ион алмастырғыш шайыр, ал $\text{R-Na}^+\text{Cu}$ – сорбцияланған мыс.

Бұл реакцияда ерітіндідегі мыс иондары ион алмастырғыш шайырға сорбцияланып, шайыр-мыс кешенін құрайды. Сорбция процесінде иондардың алмасуы жүреді: шайырдың натрий иондары ерітіндіге түседі, ал мыс иондары шайырда өз орнын алады.

Сорбцияның негізгі аспектілері:

Сорбенттер: Сорбенттер - сорбция жүретін материалдар. Олар әртүрлі материалдардан, соның ішінде табиғи материалдардан (мысалы, белсендірілген көмір, саз, табиғи шайырлар) және синтетикалық материалдардан (мысалы, ион алмастырғыш шайырлар, полимерлер, металлорганикалық жақтаулар) болуы мүмкін. Сорбентті таңдау сорбаттың түріне, талап етілетін шарттарға және нақты қолдану түріне байланысты.

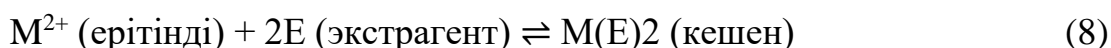
Сорбаттар: Сорбаттар - сорбцияға ұшырайтын заттар. Олар әртүрлі химиялық қосылыстар, соның ішінде иондар, органикалық немесе бейорганикалық молекулалар болуы мүмкін. Сорбаттардың мысалдарына металл иондары, органикалық ластаушы заттар, пестицидтер, препараттар және т.б.

Сорбция механизмдері: Сорбция механизмдері физикалық адсорбция мен химиялық адсорбцияны қамтуы мүмкін. Физикалық адсорбция жағдайында сорбат ван-дер-Ваальс күштері немесе ион алмасу күштері сияқты әлсіз әрекеттесулердің салдарынан сорбент бетіне жай ғана адсорбцияланады. Химиялық адсорбция жағдайында сорбат пен сорбент беті арасында химиялық реакция жүреді.

Сорбцияға әсер ететін факторлар: сорбция процесіне әртүрлі факторлар әсер етуі мүмкін, соның ішінде рН орта, температура, сорбат концентрациясы, сорбент түрі мен қасиеттері, жанасу уақыты және қысым. Бұл факторлар сорбция жылдамдығы мен тиімділігіне, сондай-ақ белгілі бір процесс үшін оңтайлы жағдайларды таңдауға әсер етуі мүмкін.

Экстракция - металмен байланысып, оны ерітіндіден органикалық фазаға өткізе алатын органикалық еріткіштерді пайдаланып ерітіндіден металды алу процесі. Экстракцияны органикалық еріткіштердің түрлері, температуралар және қысымдар сияқты әртүрлі жағдайларда орындауға болады [8].

Экстракция процесінде негізгі реакция экстрагент түріне және алынатын металға байланысты. Жалпы реакцияны келесідей көрсетуге болады:



мұндағы M^{2+} – ерітіндідегі металл ионы, E – ерітіндіден металды алуға қабілетті экстрагент, $\text{M}(\text{E})_2$ - металл мен экстрагент арасында түзілетін кешен.

Бұл реакцияда экстрагент металл иондарымен әрекеттеседі, әдетте металл иондарына қарағанда органикалық еріткіштерде ерігіштігі жоғары кешен түзеді. Бұл фактор ерітіндіден металды бөліп алуға және одан шығаруға мүмкіндік береді.

Мысалы, органикалық экстрагентті LIX-84I (оксин экстрагенті) көмегімен ерітіндіден мысты алу жағдайында негізгі реакцияны келесідей көрсетуге болады:



мұндағы Cu^{2+} ерітіндідегі мыс иондарын көрсетеді, LIX-84I - ерітіндіден мысты алу қасиеті бар экстрагент, ал CuL_2X_2 - экстрагентпен мыс түзілген кешені.

Бұл реакцияда экстрагент (LIX-84I) мыс иондарымен (Cu^{2+}) әрекеттеседі, мыс иондарына қарағанда органикалық еріткіштерде ерігіштігі жоғары экстрагентпен (CuL_2X_2) мыс кешенін түзеді. Содан кейін бұл кешен ерітіндіден бөлініп, одан мысты алуға болады.

Дегенмен, экстракция процесінде болатын спецификалық реакциялар күрделірек болуы мүмкін және экстрагент түріне және алынатын металға, сондай-ақ реакция жағдайларына байланысты екенін атап өткен жөн.

Электролиз - электр тогын беру арқылы ерітіндіден металды алу процесі. Бұл суда еритін және мыс, мырыш немесе никель сияқты электролиздеуге болатын металдарды қалпына келтіру үшін пайдаланылуы мүмкін. Электролиз электролит түрі, температура және кернеу сияқты әртүрлі жағдайларда орындалуы мүмкін.

Оның ерітіндісінен металл алу үшін электролиз процесі қолданылады. Мыс жағдайында процесс арнайы электролиттік ванналарда жүзеге асырылады, мұнда мыс анодта тотығады және электролит ерітіндісінде ерітіледі, ал мыс катодқа металл шөгіндісі түрінде түседі.

Анодта жүретін негізгі реакция мыс (II) иондарының мыс (II) оксидіне тотығуы болып табылады:

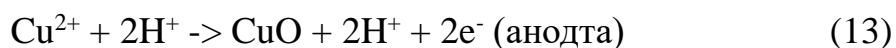


Сонымен қатар катодта мыс (II) иондары металдық мысқа дейін тотықсызданады:



Осылайша, мыс ерітіндісінің электролизінің жалпы реакциясын келесідей жазуға болады:





Бұл реакция мыс электролизі процесінің негізгі реакциясы болып табылады.

Әрине, басқа да гидрометаллургиялық процестер бар, мысалы, цементация, гидрометаллургиялық күйдіру және т.б., бірақ олар металл алу үшін жиі қолданылмайды [8].

1.3.3 Мысты сулы ерітінділерден экстракциялау

Экстракция процестерінің жалпы терминологиясы [9].

Экстракция - еріткіштің көмегімен қоспадан бір немесе бірнеше компоненттерді алу процесі (4-сурет).

Экстракция процесіне арналған қондырғы мен аппаратура процестің нақты жағдайлары мен талаптарына, сондай-ақ пайдаланылатын экстрагентке және шикізат түріне байланысты. Экстракция процесінде кеңінен қолданылатын қондырғылар мен аппараттардың бірнеше жалпы түрлері:

Үздіксіз экстракция машиналары: Бұл жүйелерде шикізат пен экстрагент үздіксіз беріледі, ал экстракт мен қалдық үздіксіз шығарылады. Мысалдарға: қарсы ток аппараттары, экстракциялық бағаналар және импульстік ағын аппараттары жатады.

Экстракциялық саптамалары бар қондырғылар: Бұл жүйелерде шикізат пен экстрагент аппараттың ішінде байланысады, онда шикізат бөлшектер, пакеттер немесе саптамалар түрінде болуы мүмкін. Мысалдарға Soxhlet типті экстракторлар, электронды экстракторлар және жүктелген саптамалары бар аппараттар кіреді.

Фазалық дисперсиясы бар экстракциялық қондырғылар: Бұл жүйелерде шикізат пен экстрагент арасындағы байланыс интенсивті фазалық дисперсия жағдайында болады, бұл максималды контакт пен масса алмасуға ықпал етеді. Мысалдарға: араластырғыш-сепаратор типті экстракторлар және қарсы ағынды араластырғыш жатады.

Мамандандырылған қондырғылар мен аппараттар: процестің нақты талаптарына және шикізаттың қасиеттеріне қарай мамандандырылған экстракциялық қондырғылар мен аппараттар жобалануы және пайдаланылуы мүмкін. Мысалы, суперкритикалық экстракцияны арнайы суперкритикалық экстракторларда жүргізуге болады, ал мембраналық экстракцияда мембраналық модульдерді қолдануға болады.

Әрбір экстракция процесінің өзіндік сипаттамалары бар екенін және белгілі бір қондырғыны немесе аппаратты таңдау шикізаттың түрі, өнімділік талаптары сияқты көптеген факторларға байланысты екенін ескеру маңызды.

Сұйық экстракция - қоспадан компоненттерді алу үшін сұйық еріткіш пайдаланылатын экстракция әдісі. Сұйық экстракцияны еріткіш пен қоспаның қасиеттеріне байланысты әртүрлі температура мен қысымда жүргізуге

болады[9].

Экстрагент - экстракция процесінде қоспадан компоненттерді алу үшін қолданылатын зат. Экстрагент сұйық немесе қатты болуы мүмкін және әдетте экстракцияланатын компонентке жоғары ұқсастыққа ие болады. Экстрагент ретінде органикалық еріткіштер бола алады. Мысалы каприл қышқылы және трибутилфосфат [10].

Каприл қышқылы әдетте қышқыл ортада емес, сілтілі ортада жақсы алынады. Сілтілі орта каприл қышқылының диссоциациясына ықпал етеді, каприлат-ион түзеді, ол сілтілі ортада жоғары ерігіштікке және тұрақтылыққа ие. Әдебиетте және өнеркәсіптік қосымшаларда сипатталған каприл қышқылын экстракциялау процестерінің көпшілігі каприл қышқылының тиімді алынуына қол жеткізу үшін сілтілі ерітінділерді пайдалануға негізделген. Осы ұсынымдарды ескере отырып, каприл қышқылы сілтілі ортада жақсы алынады деген қорытынды жасауға болады.

Каприл қышқылы(октан қышқылы) және трибутилфосфат бірнеше себептерге байланысты мыс пен басқа металдарды алу процестерінде кеңінен қолданылады:

Органикалық еріткіштердегі ерігіштік: Каприл қышқылы мен трибутилфосфат органикалық еріткіштерде жақсы ерігіштікке ие. Бұл мысты бастапқы материалдан тиімді алуға және мыс иондарымен тұрақты кешендер құруға мүмкіндік береді.

Мысқа жоғары жақындық: екі реагенттің де мысқа жоғары жақындығы бар және мыс иондары бар кешендер түзуге қабілетті. Бұл тіпті төмен концентрацияда да құрамында мыс бар ерітінділер мен материалдардан мысты тиімді алуға мүмкіндік береді.

Экстракцияның селективтілігі: Каприл қышқылы мен трибутилфосфат мыс бөліп алуға қатысты селективтілікке ие. Олар басқа металдар немесе қоспалар болса да, мыс иондарымен жақсырақ әрекеттесе алады. Бұл экстракция процесінде мысты басқа металдардан тиімдірек бөлуге мүмкіндік береді.

Іс жүзінде *трибутилфосфат* (ТБФ) әдетте қышқыл ортада емес, сілтілі ортада алынады.

ТБФ натрий гидроксиді сияқты сілтілердің қатысуымен сілтілі тұздар құрайды. Бұл сілтілі тұздар су фазасында жоғары ерігіштікке ие емес, бұл олардың алынуын жеңілдетеді. Сілтілі ортада ТБФ сондай-ақ кейбір металдары бар кешендерді құрайды, бұл металдарды әртүрлі материалдардан немесе ерітінділерден экстракциялау үшін пайдалы болуы мүмкін [10].

Экстрагенттердің жалпы топтары:

Ерігіштік: Экстрагент шикізаттан компонентті еріте алуы керек. Экстрагенттегі заттың жоғары ерігіштігі компонентті тиімді экстракциялауға және концентрлеуге мүмкіндік береді [11].

Полярлық: Экстрагенттің полярлығы әртүрлі кластағы заттарды алу кезінде маңызды. Полярлы экстрагенттер әдетте полярлы қосылыстарды жақсы ерітеді, мысалы, полярлық талданатын заттарды алу үшін полярлық

еріткіштер. Полярсыз қосылыстарды қалпына келтіру үшін полярлы емес экстрагенттерге, мысалы, полярлығы төмен органикалық еріткіштерге артықшылық беріледі.

Уыттылық және қауіпсіздік: Экстрагент уыттылық және адамдар мен қоршаған ортаға зияны тұрғысынан пайдалану үшін қауіпсіз болуы керек. Кейбір жағдайларда улы болуы мүмкін экстрагенттер қолданылуы мүмкін, бірақ әдетте тиісті сақтық шаралары қолданылады.

Материалдық үйлесімділік: Экстрагент контейнердің материалдарымен, жабдықпен немесе экстракция жүйесінің басқа компоненттерімен әрекеттеспеуі керек. Ол экстрагентті жоғалтпау немесе сығындының ластануын болдырмау үшін таңдалған материалдармен үйлесімді болуы керек.

Қол жетімділігі және құны: Экстрагент оңай қол жетімді және өнеркәсіптік немесе зертханалық пайдалану үшін қолайлы бағасы болуы керек [11].

Сұйылтқыш - қажетті концентрациядағы ерітінді алу үшін концентрлі ерітінділерді немесе сығындыларды сұйылту үшін қолданылатын зат. Еріткіш, мысалы, талдау үшін ерітінділерді дайындау немесе одан әрі пайдалану үшін сығындыларды өңдеу үшін пайдаланылуы мүмкін. Экстрагент пен еріткіш экстракция мен сұйылту үшін әртүрлі пропорцияда қолданылатын бірдей зат болуы мүмкін екенін ескеру маңызды [12].

Экстракт - экстракция нәтижесінде алынған өнім. Оның құрамында әртүрлі өнеркәсіптік процестерде, соның ішінде дәрі-дәрмектерді, тағамдық қоспаларды, хош иістендіргіштерді және косметикалық өнімдерді өндіруде қолдануға болатын шығарылған компоненттер бар.

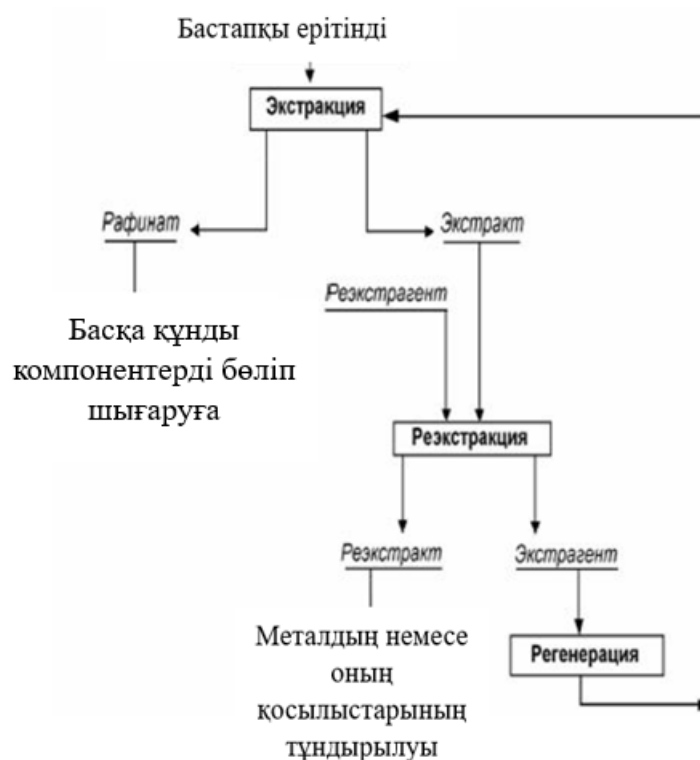
Рафинат - бұл экстракциядан кейін қалатын қалдықтар. Оның құрамында қоспадан алынбаған компоненттер бар. Рафинатты қайта өңдеуге, қайта пайдалануға немесе қалған компоненттерді қалпына келтіру үшін қосымша процестерге ұшыратуға болады [12].

Экстрагенттер мен еріткіштердің көп қолданылатын түрлері (3-кесте) :

- трибутилфосфат;
- керосин;
- каприл қышқылы;
- уайт-спирит;
- ксилолмета;
- октил спирті;
- триоктиламин;
- циклогексан;
- метилизобутилкетон;

Кесте 3 – Экстрагенттер мен еріткіштердің физикалық қасиеттері [13]

Экстрагент немесе еріткіш	Тығыздығы 20 °С, г/см ³	Тұтқырлық, мПа·с	Қайнау температура -сы	Жаңғыштығы	Суда ерігіштігі, %
ТБФ	0,977	3,41	289	145	0,6
Экстрагент немесе еріткіш	Тығыздығы 20 °С, г/см ³	Тұтқырлық, мПа·с	Қайнау температура -сы	Жаңғыштығы	Суда ерігіштігі, %
керосин	0,78-0,82	-	25,6	65	-
Каприл қышқылы	0,908	5,82	239,3	-	0,079
Уайт-спирит	-	-	150-190	25,6	-
Ксилол-мета	0,964	0,61	139,1	27	0,02
Октил спирті	0,825	10,64	196,3	-	0,06
Триоксиламин	0,805	-	340	145	1
циклогексан	0,95	2,45	155,6	33,9	2,4
Метилизобутилкетон	0,80	0,585	115	27,2	1,7-2,2



4 - сурет – Ерітіндіден металды экстракциямен алу схемасы [13]

1.3.4 Мысты сулы ерітінділерден ион алмастыру экстракциясы

Мысты сулы ерітінділерден ион алмастыру экстракциясы - мыс алу үшін қолданылатын гидрометаллургиялық процестердің бірі болып табылады. Ол өз құрылымында металл иондарын ұстап тұру қабілеті бар арнайы ион алмастырғыш шайырларды қолдануға негізделген [14].

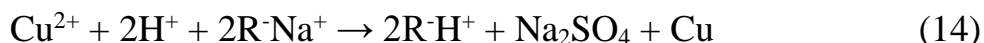
Процесс бірнеше кезеңнен тұрады:

- ерітінді дайындау. Бастапқы ерітіндіде Cu^{2+} иондары түріндегі мыс бар. Оны кенді қышқылдармен немесе басқа еріткіштермен шаймалау арқылы алуға болады;
- құрылымында мысты сақтайтын ион алмастырғыш шайырлары бар ион алмастырғыш колонка арқылы ерітіндінің өтуі;
- ион алмастырғыш шайырдан мысты алу. Мысты шайырдан күшті қышқылдар немесе басқа еріткіштер бар ерітіндімен жуу арқылы алуға болады;
- ион алмастырғыш шайырдың регенерациясы. Мыс ион алмастырғыш шайырдан алынғаннан кейін оны процесте қайта пайдалану үшін қалпына келтіруге болады.

Мысты ион алмастырғыш экстракциялаудың басты артықшылығы – ерітінділерден мысты алудың жоғары тиімділігі мен дәлдігі, бұл жоғары сапалы металл алуға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, бұл процесс автоматтандыру мен басқарудың жоғары дәрежесіне ие, бұл өнімділікті арттырады және өндіріс шығындарын азайтады.

Мысты ион алмастырғыш экстракциялау процесінде құрамында ион алмастырғыш топтары бар арнайы шайырлар қолданылады. Бұл шайырлар мыстың сулы ерітіндісімен жанасқанда ионалмастырғыш топтар мыс иондарымен алмасады, бұл ерітіндіден мыстың алынуына әкеледі.

Күкірт қышқылы ерітінділерінен мысты ион алмастыру экстракциясы кезінде жүретін реакция:



мұндағы Cu^{2+} - мыс ионы, H^+ - сутегі ионы, $\text{R}\cdot\text{Na}^+$ - ион алмастырғыш шайыр, $\text{R}\cdot\text{H}^+$ - алмастырғыш шайыр, Na_2SO_4 - натрий сульфаты [14].

1.4 Мысты тұтыну және пайдалану

Мыс - қаржы нарығында сатылатын металдардың бірі. Мыс өндірісте кеңінен қолданылады және келесі салаларда қолданылуын табады (5-сурет) [15]:

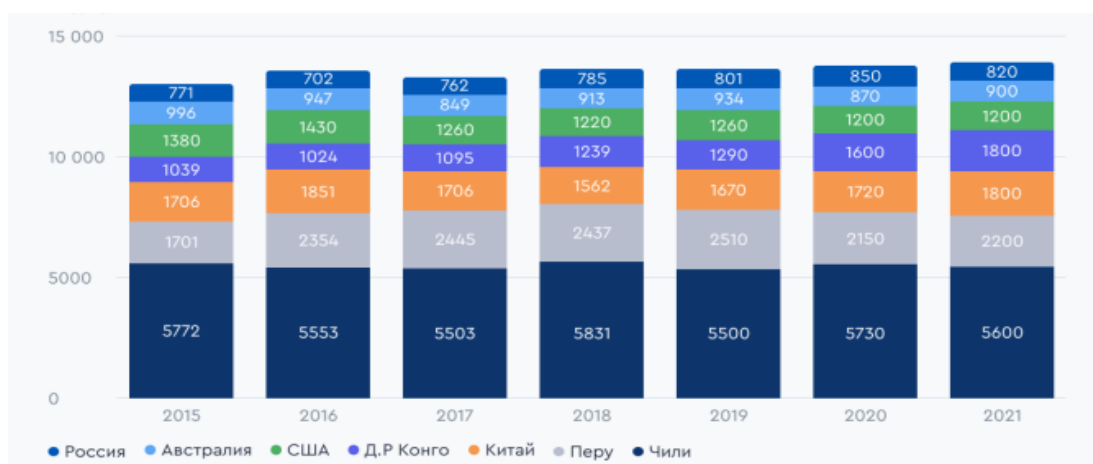
- құрылыс (43 %);
- электр энергетикасы (20 %);

- көлік (20 %);
- негізгі тұтыну тауарлары (10 %);
- өндірістік жабдықтар (7 %).

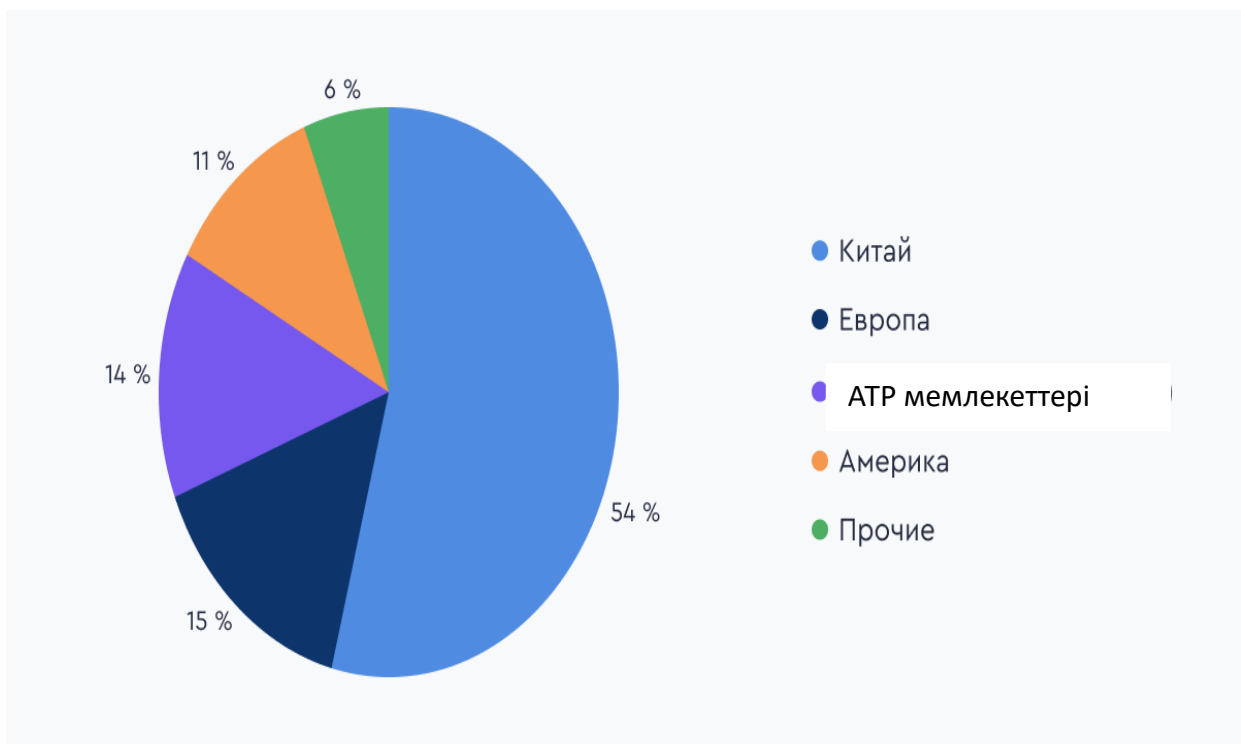


5 - сурет – Мысты тұтыну құрылымы [15]

Мыс құрылыста, сондай-ақ көлік және ғарыш салаларында қолданылады. Бұл металсыз электрониканы, энергетиканы және медицинаны елестету қиын. Мысты тұтыну дамушы елдер есебінен жыл сайын өсіп келеді: Үндістанда, Қытайда және Бразилияда бір адамға небәрі 1-3 кг мыс жұмсалады. Дамыған елдерде - Германияда, Швецияда, Оңтүстік Кореяда - шамамен 10-25 кг [16].



6 - сурет – Әлемдегі ең ірі мыс өндірушілері (мың.тонна) [16]



7 - сурет – Аймақтар бойынша тазартылған мысты тұтыну [16]

2021 жылдың басында мыс нарығы қарқынды өсе бастады (6-сурет). Наурызда мыстың орташа айлық бағасы тоннасына 9 315 долларды құрады, ал сәуірдің басында мыс бағасының өсуі АҚШ билігінің нарықтарды дамытуға 174 миллиард доллар инвестициялауды көздейтін инфрақұрылымдық жоспарын жариялауымен жеделдеді, электр көліктері үшін.

2021 жылдың мамыр айында мыстың бағасы тоннасына 10 000 доллардан асты және 2022 жылдың сәуіріне дейін қалыпты өсуді жалғастырды.

2022 жылдың ақпанында шыңына жеткеннен кейін мыс бағасы АҚШ-тың жоғары мөлшерлемелері мен әлемдік экономиканың баяулауына байланысты құлдырауды бастады. Сонымен қатар, мыс бағасының күрт құлдырауы Қытайдағы COVID-19 пандемиясының жаңа толқынымен байланысты наурыз айының аяғында – 2022 жылдың маусым айының басында, ол бірінші толқынға қарағанда жағдайлардың саны жағынан әлдеқайда ауыр болып шықты. 2020 жылдың басында коронавирус.

Бұл факторлар 2010 және 2021 жылдар аралығында мыс тұтынудың 31,5 %-ға, 16 миллионнан 21 миллион тоннаға дейін өскенін байқады. Содан бері бұл секторлардың маңыздылығы тек өсті, сондықтан мысқа сұраныс Дүниежүзілік металдар статистикасы бюросының (WBMS) мәліметтері бойынша 2022 жылдың қаңтар-қыркүйек айлары аралығында шахталардан әлемдік мыс өндіру 16 млн тоннаны құрады деп болжауға болады. Бұл 2021 жылдың тоғыз айымен салыстырғанда 1,2 %-ға ғана көп.

Дүниежүзілік тазартылған мыс өндірісі (7-сурет) де 2022 жылдың тоғыз айында 1,2 %-ға өсіп, 18,514 миллион тоннаны құрады, деп хабарлайды WBMS. Бұл ретте, қыркүйек айының соңындағы жағдай бойынша әлемдік сұраныс 19,25 млн тоннаны құрады, бұл өткен жылмен салыстырғанда 4,1 %-ға жоғары. Алдағы онжылдықта одан да жылдам өсуі мүмкін [16].

Теориялық бөлімге қорытынды:

– қазіргі уақытта Қазақстан Республикасында құрамында мыс бар кендердің бай қоры таусылды және өңдеуге бұрын сапасыз шикізатты тарту қажет, сондықтан мысты алудың гидрометаллургиялық әдістері алдыңғы қатарға шығуда;

– кен шикізатын шаймалау кезінде еріткіштер ретінде қышқыл, сілті және тұз реагенттері пайдаланылады, яғни алынған өнімді ерітінділер құрамы жағынан да, табиғаты бойынша да түбегейлі ерекшеленуі мүмкін, сондықтан мыс бөліп алу үшін қолданылатын ион алмастырғыш материалдардың ауқымды шешімдер өте кең;

– экстракция арқылы мысты алу үшін бейтарап фосфорорганикалық қосылыстар (трибутилфосфат) қолданылады; құрамында азот бар экстрагенттер; белсенді экстрагенттер, жоғары молекулалы сульфон қышқылдары; карбоксил топтары бар қышқылдар; алкилфосфор қышқылдары; май қышқылдары; мысты бөліп алу үшін ең көп қолданылатыны катионалмастырғыш экстрагенттер;

– экстрагентті бірнеше рет пайдалану экстракцияны пайдаланудың үнемділігін қамтамасыз етеді, сонымен қатар экстракция әдістері мақсатты металдарды таңдап алуға және электролиз және тұндыру әдістерімен өңдеуге және бай ерітінділер алуға мүмкіндік береді;

– экстракция үздіксіз режимде жұмыс істейтін салыстырмалы қарапайым құрылғыларда жүзеге асырылады. Процесті автоматтандыру оңай. Экстракцияны пайдалану технологияны жеңілдетуге, энергия шығындарын азайтуға, қоршаған ортаға экологиялық қысымды азайтуға мүмкіндік береді.

2 Эксперименттік бөлім

Әдебиеттерді талдау негізінде эксперименттік зерттеулерге келесі міндеттер қойылды;

- катионалмастырғыш экстрагентпен мысты бөліп алудың тиімділігін тәжірибе жүзінде бағалау (каприл қышқылымен);
- мысты каприл қышқылымен және оның негізіндегі реагентпен экстракциялау процесіне сулы фазаның рН әсерін анықтау;
- каприл қышқылымен және оның негізіндегі реагентпен мыс экстракция процесінің оңтайлы ұзақтығын анықтау;
- экстракция процесі кезіндегі фазалық қатынастың мысты каприл қышқылымен және оның негізіндегі реагентпен экстракциялау процесіне әсерін анықтау;
- каприл қышқылымен және оның негізіндегі экстрагентпен сулы ерітінділерден мыстың экстракциялану қабілетіне сілтілі реагенттің табиғаты мен оның жұмсалудың әсерін анықтау;
- трибутилфосфат экстрагентімен мысты алудың тиімділігін тәжірибе жүзінде бағалау;
- трибутилфосфат реагентпен экстракциялауға сулы фазаның рН әсерін зерттеу;
- органикалық экстракттан мысты реэкстракциялау процесін зерттеу.

2.1 Экспериментті орындау әдісі

2.1.1 Реактивтер мен реагенттер

Мысты бөліп алу мыс сульфатының ерітіндісімен жүргізілді, оны дайындау үшін мыс сульфаты $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ қолданылды. Мыстың бастапқы ерітіндісі кристалдану суын ескере отырып, мыс сульфатының тиісті үлгісін тазартылған суда еріту арқылы дайындалды [17].

Пропорция бойынша, ерітіндідегі мыстың қажетті концентрациясына сүйене отырып және молярлық массаны ескере отырып, мыс концентрациясы 3 г/л 1 л ерітінді дайындау үшін қажетті $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ мөлшерін есептедік:

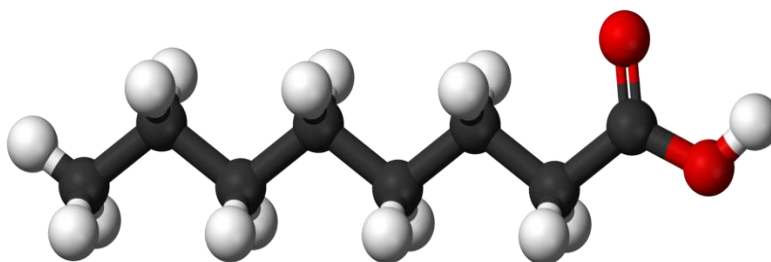
$$m_{\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}} = \frac{249,5}{63,5} \cdot C_{\text{Cu}} = \frac{249,5}{63,5} \cdot 3 = 11,7875 \text{ г.} \quad (15)$$

$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ есептелген мөлшері аналитикалық таразыда өлшеп, 1 л шыны өлшегіш колбада тазартылған суда еріттік [17].

Экстрагенттің негізгі компоненті ретінде каприл қышқылы ($\text{C}_8\text{H}_{16}\text{O}_2$, молекулалық массасы 144,2 г/моль) қолданылды, ол органикалық фазаның

тұтқырлығы мен тығыздығын төмендету үшін еріткішпен қоспада қолданылды, бұл органикалық фазаның жақсы бөлінуіне ықпал етті [18].

Каприл қышқылы $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_6\text{COOH}$ - (8-суретте) бір негізді карбон қышқылы, жағымсыз иісі бар түссіз майлы сұйықтық. Каприл қышқылының тұздары мен аниондары каприлаттар деп аталады. Каприл қышқылы глицерид ретінде сиыр майында, лимбург ірімшігінде, фузель майында, қызылша сірнесінде, өсімдік майларында кездеседі: кокос майы (6-10 %), бабассу пальма майы (2-8 %), пальма майы (кем дегенде 0,1 % және т.б.). Ол олеин қышқылын құрғақ жүргізу кезінде және қалыпты октил спиртінің тотығуы кезінде түзіледі. Суықта кристалданады, $t_{\text{балқу}}$ - 16,5 °C, $t_{\text{қайнау}}$ - 237,5 °C [18].



8 - сурет – Каприл қышқылының экстрагентінің құрылымдық формуласы

Экстрагенттерді дайындау үшін: таза керосинде ерітілген каприл қышқылы және трибутилфосфат пайдаланылды. Біз өз жұмысымызда екі экстрагентті қолдандық: каприл қышқылының керосиндегі ерітіндісі және каприл қышқылы мен трибутилфосфат ерітіндісі, керосиндегі реагенттер (каприл қышқылы және трибутилфосфат) қоспасының ерітіндісі. Бірінші экстрагенттегі каприл қышқылының көлемі 15 мл. Аралас экстрагенттегі реагенттердің көлемі 15 мл каприл қышқылы және 15 мл трибутилфосфат.

Керосин - құрылымы майлы, мөлдір немесе ақшыл, сарғыш түсті мөлдір зат. Зат көпкомпонентті компоненттерді жүргізу арқылы немесе майды тікелей жүргізу арқылы алады. Сұйық көмірсутектердің жанғыш қоспасы +150 °C-тан +250 °C-қа дейінгі қайнау температурасына ие. Біз пайдаланған керосин таза әлі қолданыста болмаған керосин болды, сол себепті керосинді тазартудың қажеті болған жоқ [19].

Ерітіндідегі мыс концентрациясын анықтау үшін келесі ерітінділерді дайындадық:

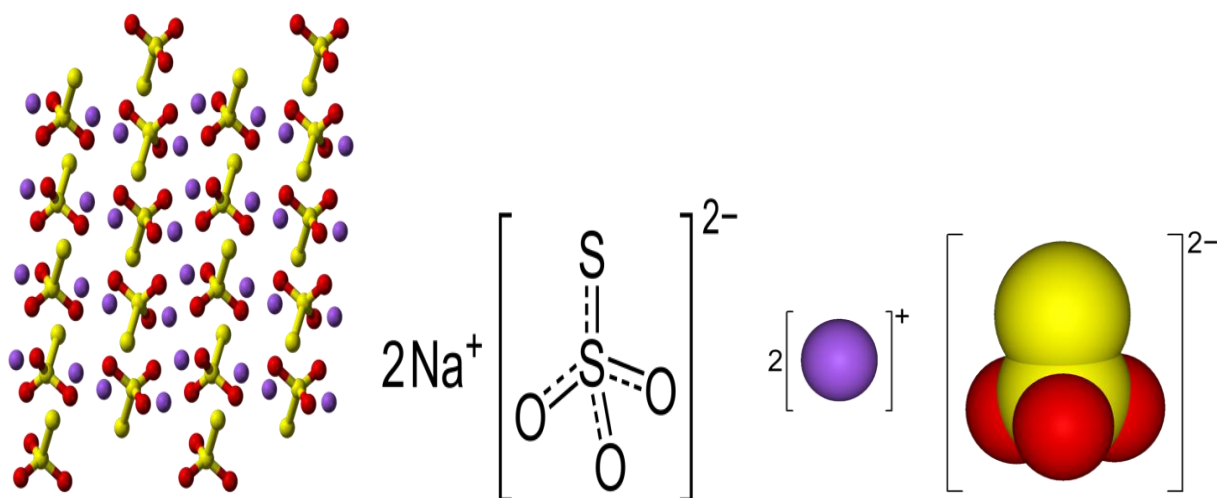
- фиксаналдан дайындалған мыс тиосульфатының ерітіндісі (0,1 г экв/л);
- калий йодиді (кристалды);
- крахмал ерітіндісі (0,5 %), оны дайындау үшін 0,5 г крахмалды 100 мл суда еріттік.

Натрий тиосульфатының 0,1 н ерітіндісін дайындау үшін 25 г $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, 1 литр қайнатылған тазартылған суда ерітіп, бисульфит ионын

тотықтыру үшін ерітіндіні шамамен 2 апта қалдырдық. Осыдан кейін титрді калий бихроматының 0,1 н ерітіндісімен анықтадық [20].

Крахмал ерітіндісін дайындау үшін «ерігіш крахмал» деп аталатын ұнтақты 0,5 г өлшеп, бірнеше миллилитр суық сумен мұқият ұнтақталады. Алынған пастаны 100 мл қайнаған суға құйып, тағы 2 минут қайнаттық (ерітінді мөлдір болғанша) [21].

Натрий тиосульфаты бейорганикалық қосылыс, натрий және тиосульфат қышқылының тұзы химиялық формуласы $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ немесе $\text{Na}_2\text{SO}_3\text{S}$, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ құрамды кристалды гидрат түзеді. Ол медицинада, фотосуретте және басқа да салаларда қолданылады. Оның түссіз кристалдардың көрінісі бар. α -модификациясының тығыздығы 2,345 г/см³. Суда жақсы ериді: 50,1 г/100 мл (0 °С), эндотермиялық еріту процесі. Молярлық массасы 248,17 г/моль. Натрий тиосульфаты күшті тотықсыздандырғыш болып табылады. Күшті тотықтырғыштармен, мысалы, бос хлормен, ол сульфаттарға немесе күкірт қышқылына дейін тотығады. Әлсіз немесе баяу әрекет ететін тотықтырғыштар, мысалы, йод, тетратион қышқылының тұздарына айналады. Натрий (9-сурет) күшті қышқылмен әрекеттесуі арқылы тиосульфат қышқылын (сутек тиосульфаты) бөліп алу мүмкін емес, өйткені ол тұрақсыз және бірден суға, күкірт пен күкірт диоксидіне ыдырайды [20].



9 - сурет – Натрий тиосульфатының құрылымдық формуласы

Резекстракция процесін жүргізу үшін күкірт қышқылы керек болады. Күкірт қышқылы (H_2SO_4) - түссіз, ұшпайтын, май тәріздес, суда жақсы еритін, сұйық зат. Тығыздығы 1,84 г/см³, массалық үлесі 98 %. Ол 280 °С-та қайнайды, ал 10,4 °С-та кристалданады. Тәжірибеге керек концентрациялар 25-75 г/л. Фазалар қатынасы 1:1 - ге тең (15мл органикалық ерітінді + 15 мл күкірт қышқылы). Әр түрлі концентрациядағы күкірт қышқылын пропорция бойынша анықтаймыз [22]:

100 - 96г

X - 25г

$X=100*25/96=26,04г$ $26,04/1,84=14,1/2=7,07мл.$ H₂O дистилденген суды қосып 500мл ыдысқа құямыз меткаға дейін [22].

2.1.2 Құрал-жабдықтар мен аппараттар.

Ерітінділердің рН өлшеуіш құралы. Тәжірибе кезінде сулы ерітінділердің рН мәні 10-суретте көрсетілген Бельгияда өндірілген «Консорт» С 933 иондық өлшегіш аппараты қолданылды . Құрал стандартты буферлік ерітінділерге сәйкес реттелді. рН анықтау дәлдігі $\pm 0,05$ бірлік болды.



10 - сурет – «Consort» С 933 зертханалық ион өлшегіш

Металдардың сұйық фазасы экстракция процесі бөлме температурасында бөлгіш воронкаларда немесе стакандарда жүргізілді. Араластыру ЭЛ-1 экстракторы Sibek маркалы экстрактор құрылғысының көмегімен жүзеге асырылды (11-сурет).



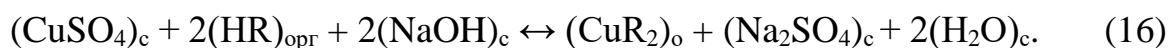
11 - сурет – Сибек ЭЛ-1 құрылғысы (экстракция жүргізу үшін)

Тәжірибелік жұмыста келесі химиялық ыдыстар пайдаланылды:

- стакан 50, 40, 1000 мл;
- пипетка 5,10 мл;
- термометр;
- бөлгіш воронка;
- көлемі 200, 250, 1000 мл конустық колбалар;
- көлемі 1000 мл өлшеуіш колба;
- секундомер.

2.1.3 Каприл қышқылымен мысты бөліп алу процесі үшін сілтінің теориялық мөлшерін есептеу.

Сілтінің теориялық мөлшерін есептеу келесі мысты бөліп алу реакциясы бойынша жүргізіледі:



Бастапқы ерітіндідегі мыс мөлшері:

Мыстың бастапқы ерітіндідегі концентрациясы – 2,98 г/л. V – 15 мл.

1000 мл-ге - 2,98

15 мл-ге - X

$X = 2,98 \cdot 15 / 1000 = 0,045 \text{ г Cu (15мл)}$

0,045г - Xг NaOH

63,5г - 80г NaOH

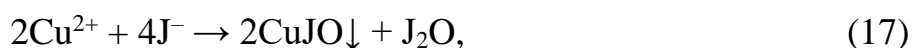
$X = 80 \cdot 0,045 / 63,5 = 0,057 \text{ г NaOH}$

2.1.4 Зерттеулер мен анализдерді орындау әдістері

Экстракция процесінің жүргізілуі. Экстракция және реэкстракция процесі тығыз бекітілген колбаларда жүргізіледі. Пипетканың көмегімен бастапқы ерітіндімізден мыс купоросынан 15 мл өлшеп алып колбаға құямыз. Өлшеп алынған мыс купоросының үстіне пипетканың көмегімен экстрагентті каприл қышқылын 15 мл өлшеп қосамыз. Дәл осындай мөлшерде 1:1 қатынасында тағы 3 колбаға экстрагенттерімізді дайындап аламыз. Әрі қарай экстрактор аппаратына әр қайсысын бөлек уақыттраға 10,20,30,40 минуттарға орнатып, экстрактор аппаратын іске қосып шайқаймыз. Осыдан кейін дәл осылай 1:1 қатынасында тағы 4 колбаға мыс купоросына экстрагент каприл қышқылын қосып, тек бұл тәжірибелік жұмыста 2 моль/л концентрациясы бар сілті ерітіндісінің есептелген қажетті мөлшерінен қосып, осылай сілтілі ортада жасап көреміз. Дәл бірінші жасаған жұмысымыздағыдай 10, 20, 30, 40 минуттарға орнатып, экстрактор аппаратын іске қосып шайқаймыз.

Экстракция аяқтағаннан соң сулы және органикалық фазаларды тұндыру және бөлу үшін тік күйде орналасқан бөлгіш воронкаға жібереміз. Фазаларды толық бір бірінен ажыратқаннан кейін бөлу воронкасындағы кранды ақырын ашып, сулы фазаны арнайы дайындалған 50 мл конустық колбаға құйып, ал воронкада қалған органиканық ерітіндіні арнайы дайындалған бөлек ыдысқа құйып аламызда, органиканың бетін арнайы скотчпен аузын бекітіп қоямыз. Ал бөліп алынған сулы фазаға (рафинатқа) анализ жүргіземіз. Оны төменде көрсетілген әдіс бойынша сулы фазадағы мыстың концентрациясын анықтаймыз.

Сулы ерітінділеріндегі мысты анықтау әдісі. Титрлеу колбасына пипеткамен 5 мл сулы фаза ерітіндісін алып, оған 20 мл дистилденген су қосып жақсылап араластырамыз, әрі қарай 1 г/л калий йодидін арнайы таразыға өлшеп колбамызға қосамыз, егер ерітіндінің құрамында мыс иондары болса, ерітінді түсі сарғыш түске өзгереді ары қарай 0,1 н натрий тиосульфатының ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) ерітіндісімен титрлеу барысында ақшыл түске өзгеруі тиіс, ерітіндіні титрлеу процесі аяқталғанын тексеру мақсатында арнайы дайындалған крахмал ерітіндісі индикатор ретінде қосылады, егер ерініді түсі крахмалды тамызу барысында қара түске боялса титрлеу толық аяқталған жоқ, егер өзгермесе титрлеу аяқталды.



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

$$C_{\text{Me}} = \frac{V_1 \cdot T \cdot 1000}{a} \quad \text{г/л),} \quad (19)$$

Мұндағы: а – анализге алынған ерітіндінің көлемі (аликвоттық бөлігі), 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, 0,1 н $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ үшін,

$T = 0,00635$ г/л.

Реэкстракция процесінің жүргізілуі. Реэкстракция үшін экстракция проорганикалық ерітіндіні (экстракт) қайтадан таза арнайы дайындалған колбаға ауыстырамыз және оған 15 мл реэкстрагент ерітіндісін қосамыз, реакцияға сәйкес минералды қышқылдардың ерітінділері пайда болуы мүмкін.

Бұл жұмыста күкірт қышқылының ерітіндісі қолданылды, оның концентрациясы 25-тен 75 г/л-ге дейін өзгерді, әрі қарай экстрактор аппаратына әр қайссысын 20 минутқа қойып шайқаймыз.

Процесс аяқталғаннан кейін қоспаны қайтадан таза, тігінен орнатылған бөлгіш воронкаға жіберіп тұндырады. Фазаларды тұндырып бөлгеннен кейін, бөлгіш воронкадағы кранды ақырын ашып, сулы фазаны арнайы дайындалған 50 мл конустық колбаға құйып алады.

Алынған сулы фазада (реэкстракта) мыс концентрациясы осындай әдіспен анықталады. Мыстың алу және таралу коэффициентін анықтау үшін бастапқы ерітіндідегі мыстың концентрациясы қосылған сілтінің көлемін ескере отырып тазартылды.

Бастапқы қалдықтың көлемін анықтау үшін (рафинаттағы мысты), экстракцияланған және реэкстракцияланған мыстың мөлшері, бастапқы мыс сульфаты ерітіндісінің жалпы көлемі, қосылған сілтінің көлемі және реэкстрагенттің көлемі (күкірт қышқылының ерітіндісі) ескерілді. Бөлу воронкада қалған органикалық фаза жұмыс аяқталғаннан кейін қайта қалпына келтірілген экстрагентке арналған контейнерге құйылды. Тәжірибелердің соңында, ыдыстарды жуғыш затты пайдаланып сумен мұқият жуылды.

2.1.5 Эксперименттік мәліметтерді өңдеу

Экстракциялық ерітіндідегі мыс концентрациясын есептеу.

Сілті ерітіндісін қосқанға дейін құрамында мыс бар ерітіндідегі екі валентті мыс иондарының Cu_{2+} (C_{Cu}) концентрациясы мына формуламен есептеледі:

$$C_{\text{Cu}} = \frac{V_1 \cdot T \cdot 1000}{a_1}, \quad (20)$$

Мұндағы: a_1 – талдауға алынған бастапқы мыс бар ерітіндінің көлемі (аликвоттық бөлік), см³;

V_1 - бастапқы ерітіндінің аликвотын титрлеуге жұмсалған натрий тиосульфатының ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) көлемі, мл;

T - $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ерітіндісінің мыс титрі, $T = 0,00635$ г/л.

Қосылған сілті ерітіндісін ескере отырып, көлемі $V_{1\text{бастапқы}} = 15$ мл экстракцияланған ерітіндідегі мыстың концентрациясын ($C_{\text{бастапқы}}$) келесідей есептеуге болады:

C_{Cu} г/л дейік, сонда:

1000 мл ерітіндіде - C_{Cu} г Cu болады;

15 мл ерітіндіде - x_1 г Cu болады,

$$x_1 = \frac{15 \cdot C_{\text{Cu}}}{1000} \text{ (гCu)}; \quad (21)$$

Сілті ерітіндісін қосқанда (мысалы, 15 мл) алынған ерітіндінің көлемі $V_{\text{бастапқы}} = 15 + 15 = 30$ мл болады, сонда:

30 мл ерітіндіде - x_1 г Cu болады;

1000 мл ерітіндіде - $C_{\text{бастапқы}}$ г Cu болады,

$$C_{\text{бастапқы}} = \frac{x_1 \cdot 1000}{30} \text{ (г/л)}. \quad (22)$$

Рафинаттағы мыс концентрациясын есептеу.

Экстракциядан (рафинаттан) кейінгі сулы фазадағы екі валентті мыс иондарының Cu^{2+} ($C_{\text{раф}}$) концентрациясы мына формуламен есептеледі [23]:

$$C_{\text{раф}} = \frac{V_2 \cdot T \cdot 1000}{a_2} \text{ (г/л)}, \quad (23)$$

Мұндағы: a_2 – талдауға алынған рафинаттың көлемі (аликвоттық бөлігі), мл;

V_2 - рафинаттың аликвотын титрлеуге жұмсалған натрий тиосульфатының ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) көлемі, мл;

T – $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ерітіндісінің титрі, $T = 0,00635$ (г/л).

Экстракттағы мыстың концентрациясын есептеу. Экстракциядан кейінгі органикалық фазадағы мыстың концентрациясын анықтау үшін мынаны білу қажет: бастапқы алынған ерітіндідегі мыстың мөлшері (x_1 г Cu), рафинаттағы мыс мөлшері және экстракт көлемі. (мысалы, $V_{\text{экс}} = 15$ мл).

Рафинаттағы мыс мөлшері мына пропорциядан анықталады:

1000 см³ рафинатта - $C_{\text{раф}}$ мыс болады;

15 см³ рафинатта - x_2 мыс болады,

$$C_{\text{экс}} = \frac{x_3 \cdot 1000}{25} \text{ (г/л)}. \quad (24)$$

Реэкстракттегі мыс концентрациясын есептеу. Екі валентті мыс иондарының Cu^{2+} ($C_{\text{раф}}$) реэкстракциядан кейінгі сулы фазадағы концентрациясы мына формула бойынша есептеледі:

$$C_{\text{реэкт}} = \frac{V_3 \cdot T \cdot 1000}{a_3} \text{ (г/л)}, \quad (25)$$

Мұндағы: a_3 - анализ үшін алынған реэкстракттың көлемі (аликвоттық бөлігі), мл;

V_3 - реэкстракттың аликвотын титрлеуге жұмсалған натрий тиосульфатының ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) көлемі, мл;

T – $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ерітіндісінің мыс титрі, $T = 0,00635$ г/л.

Экстракция кезінде бөліну коэффициентін есептеу.

Бөліну коэффициентін келесідей есептеуге болады:

$$D = \frac{C_{\text{экс}}}{C_{\text{раф}}}. \quad (26)$$

Экстракция кезінде мысты органикалық фазаға бөліп алуды есептеу. Мыстың органикалық фазаға алуын мыс концентрациясы мен бастапқы сулы фазаның көлемі мен сығындысы туралы мәліметтерден анықтауға болады:

$$E_{\text{экс}} = \frac{C_{\text{экс}} \cdot V_{\text{экс}}}{C_{\text{баст}} \cdot V_{\text{баст}}} \cdot 10 \text{ (\%)}. \quad (27)$$

Реэкстракция кезінде мысты сулы фазаға бөліп алуды есептеу. Реэкстракция кезінде мыстың сулы фазаға алынуын мыс концентрациясы мен экстракт пен реэкстракт көлемі туралы деректер негізінде анықтауға болады [23]:

$$E_{\text{реэкт}} = \frac{C_{\text{реэкт}} \cdot V_{\text{реэкт}}}{C_{\text{экс}} \cdot V_{\text{экс}}} \cdot 100 (\%). \quad (28)$$

Тәжірибеде мысты бөліп алуды есептеу. Мысты экстракциялау экстракциялық-реэктракциялық циклдің жекелеген кезеңдеріндегі экстракцияға қарағанда әрқашан аз болады және металдарды экстракциялық қалпына келтірудің негізгі сипаттамаларының бірі болып табылады. Оны формула бойынша есептеуге болады [23]:

$$E_{\text{жалпы}} = \frac{C_{\text{реэкт}} \cdot V_{\text{реэкт}}}{C_{\text{бастапқы}} \cdot V_{\text{бастапқы}}} \cdot 10 (\%). \quad (29)$$

2.2 Керосіндегі каприл қышқылының ерітіндісімен мысты бөліп алу

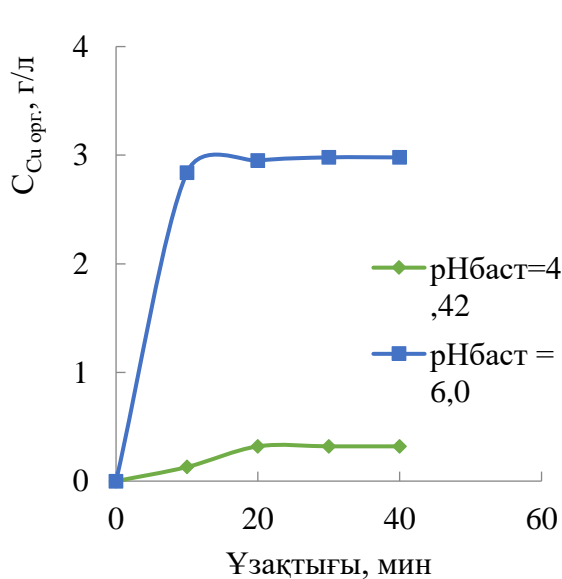
2.2.1 Керосіндегі Каприл қышқылы реагентімен сулы ерітінділерінен мысты бөліп алудың экстракция ұзақтығына әсері

Мысты бөліп алу процесінде, уақыттың әсерін бақтылау және реакция тепе-теңдігіне жету сәтін анықтау үшін, тәжірибелер экстрактор аппаратында 10, 20, 30, 40 минуттарында жүргізілді. Сулы фаза ретінде біз мыс купоросын алсақ, ал органикалық фаза ретінде каприл қышқылын қолдандық. Сулы фазамен органикалық фазаның қатынасын 1:1 қылып алдық, дәлірек айтқанда әр қайсысынан 15 мл алдық. Бастапқы экстракцияның сулы фазасының (мыс купоросының) $pH_{\text{баст.}}=4,42$, ал сілтіні (NaOH) қосып жасағанда бастапқы сулы фазасының (мыс купоросының) $pH = 6,0$ болды. Бастапқы мыс мөлшері шамамен 3 г/л ерітіндіден жүргізілді. Экстрагент ретінде каприл қышқылының керосіндегі ерітіндісі (көлемі 50 % (100 мл) каприл қышқылы + көлемі 50 % (100 мл) таза керосин) қолданылды. Эксперименттік мәліметтер 4 кестеде және 12 мен 13-ші суреттерде келтірілген.

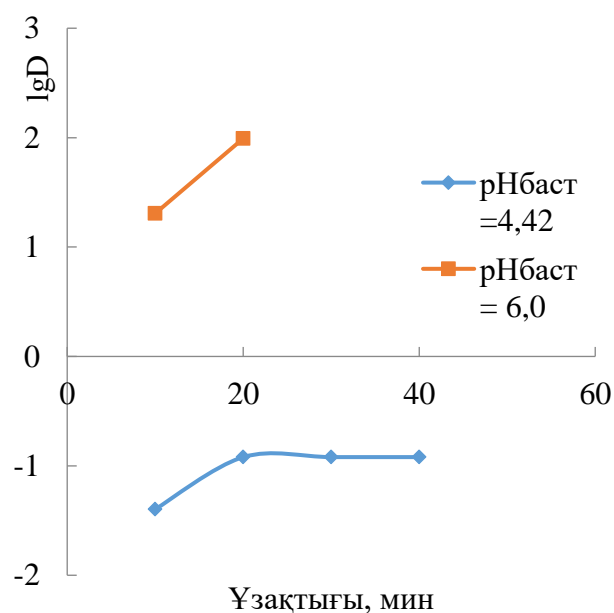
Фазалар байланысының ұзақтығының өсуімен бөліну коэффициенті өзгермейтін және мыс шығарылған кезде фазалардың бөліну уақыты ұлғаюы атап өтілді. Экстракцияны жүргізу жағдайында экстрагенттің каприл қышқылы негізінде мысты бөліп алу $pH_{\text{баст}} = 4,42$ кезінде 10,73 % жетті және $pH = 6,0$ кезінде 100 % -ды құрады.

Кесте 4 – Керосіндегі Каприл қышқылы реагентімен сулы ерітінділерінен мысты бөліп алудың экстракция ұзақтығына әсері

Тәжірибе	τ , мин	$C_{Cu \text{ раф.}}$, г/л	$C_{Cu \text{ орг.}}$, г/л	D	$\lg D$	E, %
$pH_{\text{баст}} = 4,42$						
1	10	2,85	0,13	0,04	-1,397	4,36
2	20	2,66	0,32	0,12	-0,920	10,73
3	30	2,66	0,32	0,12	-0,920	10,73
4	40	2,66	0,32	0,12	-0,920	10,73
$pH_{\text{баст}} = 6,0$						
5	10	0,14	2,84	20,28	1,307	95,30
6	20	0,03	2,95	98,33	1,992	98,99
7	30	т/ж	2,98	-	-	100
9	40	т/ж	2,98	-	-	100

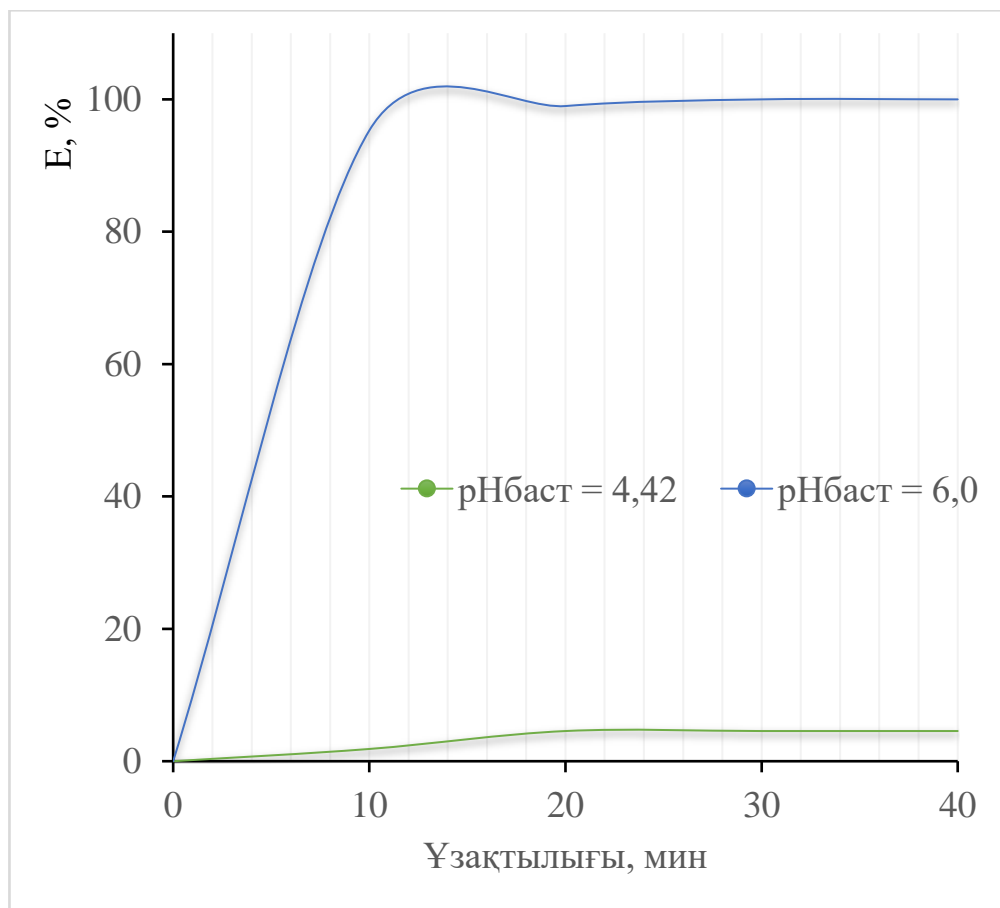


a)



б)

12 - сурет – Экстракция процесінің ұзақтығына мыстың органикалық фазаға өту тәуелділігі (а) және мыстың экстракция ұзақтығына байланысты \lg -дегі мысты бөлу коэффициентінің тәуелділігі (б)



13 - сурет – Экстракция процесінің ұзақтығына мысты бөліп алындың тәуелділігі

2.2.2 Каприл қышқылы экстрагентімен экстракциялау кезінде мысты бөліп алуға сілтілік реагенттер шығындарының әсері

Мысты экстракциялау құрамында 5 г/л мыс купоросы бар сулы ерітіндісімен жүргізілді. Сілтілі реагент ретінде натрий гидроксидінің ерітіндісі пайдаланылды. Жоғарыда көрсетілген концентрацияның көлемі 15 мл су ерітіндісінен мысты экстракциялау үшін натрий гидроксиді ерітіндісінің есептік мөлшері (80 г/л) 2,05 мл құрады. Сілтілі реагенттердің шығындары теориялық саны 0,57. Органикалық және сулы фазалардың қатынасы 1:1 болған кезде экстракцияның ұзақтығы 20 минутты құрады. Экстрагент ретінде біз керосиндегі каприл қышқылының ерітіндісін (50 % (100 мл) каприл қышқылы + 50 % (100 мл) таза керосин) пайдаландық.

Экстракция нәтижелері 5-кестеде және 14-суретте көрсетілген. Ұсынылған деректерге сүйене отырып, мысты органикалық фазаға толық шығару үшін, сілтілі реагенттің есептік мөлшері жеткіліксіз және экстракция процесіне сілтілі реагенттің табиғаты әсер етеді.

Кесте 5 – Керосиндегі каприл қышқыл экстрагентпен экстракциялау кезінде мысты бөліп алуға сілтілік реагенттер шығындарының әсерінің нәтижелері

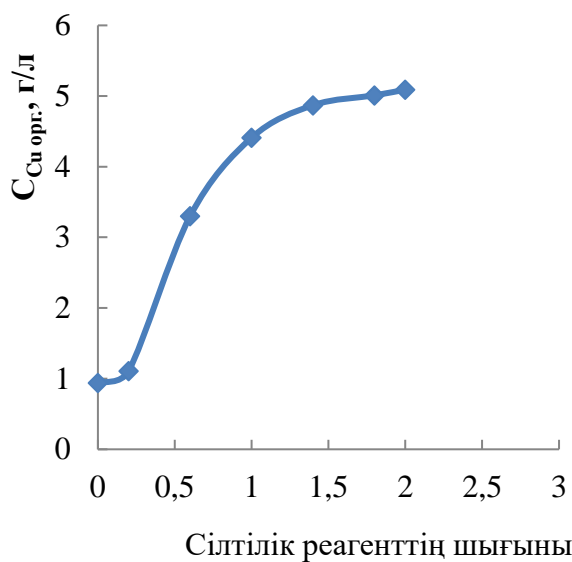
Тәжірибе	Сілтілік реагенттің шығыны, R	$C_{Cu\text{ раф,}}$ г/л	$C_{Cu\text{ орг,}}$ г/л	D	lg D	E, %
Натрий гидроксидінің ерітіндісі (80 г/л)						
1	0,00	4,14	0,94	0,22	-0,657	18,46
2	0,2	3,98	1,11	0,27	-0,568	21,80
3	0,6	1,79	3,3	2,77	0,442	64,83
4	1	0,68	4,41	6,48	0,811	86,64
5	1,4	0,22	4,87	22,13	1,344	95,67
6	1,8	0,08	5,01	62,62	1,796	98,42
7	2,0	т/ж	5,09	-	-	100

Сутек катиондарын экстракциялау процні нәтижесінде пайда болатын әсерін басу үшін сілтілі реагент ретінде натрий гидроксидін пайдалану ұсынылады.

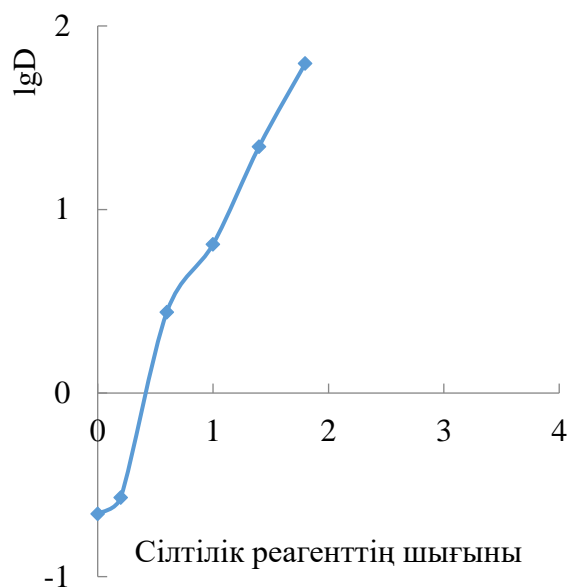
Сонымен қатар, сілтілік реагенттер санының өсуімен рафинатта органикалық фазаның ерігіштігі артатыны байқалды. Фазалардың бөліну ұзақтығына сілтілік реагенттердің табиғаты мен санының әсері 15-суретте келтірілген.

Қышқыл ерітінділерден мыстың нашар экстрагациялануы алмасу реакциясы нәтижесінде сулы фазасында сутек катиондары жинақталып, нәтижесінде тепе-теңдікті бастапқы өнімдердің түзілуіне қарай жылжытады.

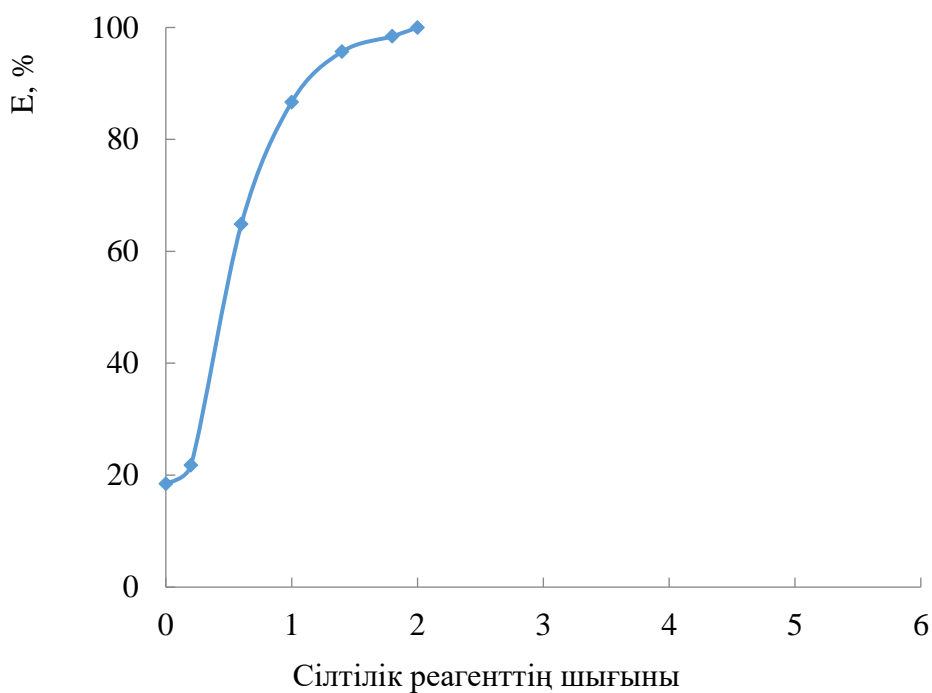
Алынған деректер негізінде сілтілі реагенттің оңтайлы шығыны оның есептік мөлшері болып табылады және сулы фазасын сілтілеу үшін натрий гидроксидінің ерітіндісін пайдалану керек.



а)



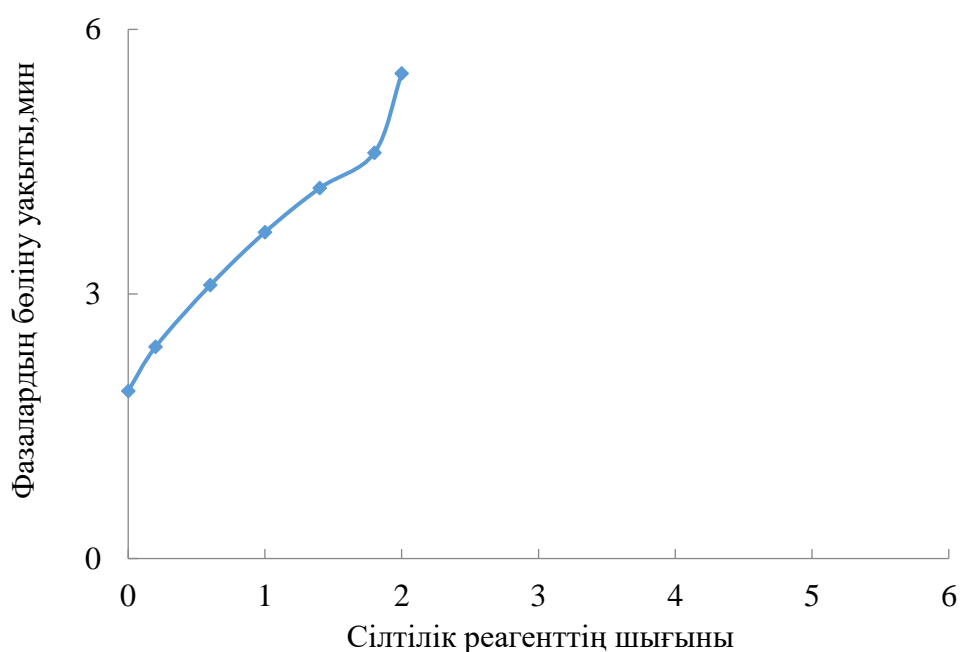
б)



в)

- а – сілтілік реагенттің шығынына байланысты мыстың органикалық фазаға өту тәуелділігі, г/л;
 б - сілтілік реагенттің шығынына байланысты lg-дегі мысты бөлу коэффициентінің тәуелділігі;
 в - сілтілік реагенттің шығынына байланысты мыстың бөлу дәрежесінің тәуелділігі.

14 - сурет – Керосіндегі каприл қышқыл экстрагентінің мысты бөліп алудың технологиялық көрсеткіштеріне сілтілі реагенттер шығынының әсері



15 - сурет – сілтілік реагенттің шығынына байланысты фазалардың бөліну ұзақтығына тәуелділік

2.2.3 Керосіндегі каприл қышқылының ерітіндісімен әр түрлі мыс концентрациясының экстракциялау әсерін зерттеу

Бастапқы сулы ерітіндідегі мыс концентрациясының әсерін зерттеу үшін 2, 3, 5, 8 және 9 г/л концентрацияларын таңдадық. Біз тәжірибелік жұмысты сілтілі ортада жасадық, себебі әдеби шолуларға сүйенсек экстракция сілтілі ортада жақсы жүреді. Оған дәлел ретінде бірінші тәжірибелік жұмыста біз экстракцияны екі ортада жасаған болатынбыз, нәтижесінде қышқылдық ортада мыстың бөлініп шығуы нашар болып, мыс рафинатта қалып қойды, ал сілтілі ортада мыстың бөлініп шығу пайызы 100 % болды. Дәдірек айтқанда қышқылдық ортада жүргізу тиімсіз. Мұндай шоғырланулар металдарды экстракциялауды жүргізу кезінде мынадай тәсілдермен анықтауға болатын экстрагенттің ең жоғары сыйымдылығын табу қажет екендігімен белгіленеді:

- оның концентрациясы жоғары ерітінділерден;
- органикалық және сулы фазаларының әртүрлі арақатынасында;
- сулы фазасынан металл алу тоқтатылғанға дейін экстрагентті біртіндеп қанықтырумен.

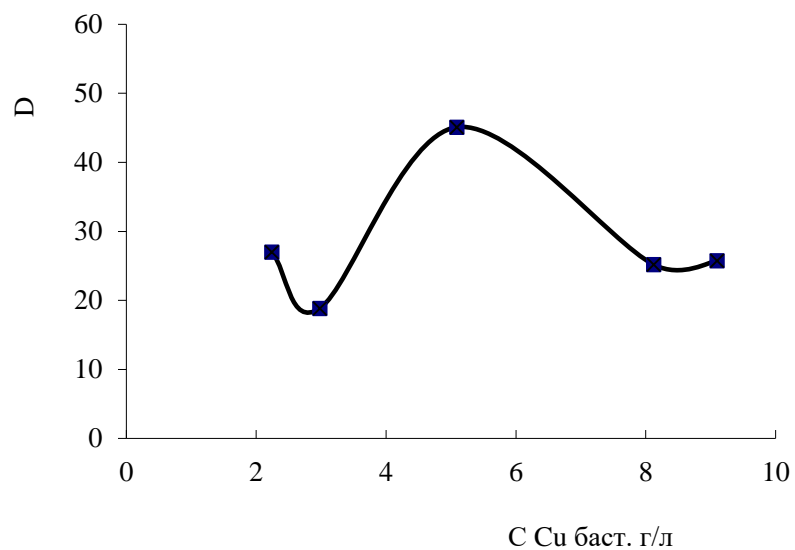
Экстракция процесін 10, 20 және 30 минут ішінде органикалық және сулы фазалардың қатынасы 1:1-ге тең болған кезде натрий гидроксиді ерітіндісінің есептік шығынының қатысуымен жүргізді.

Мысқа қатысты каприл қышқылы негізінде экстрагенттің экстракциялық қабілетін сипаттайтын эксперименттік және есеппен алынған деректер 6-кестеде және 16 және 17-суреттерде берілген.

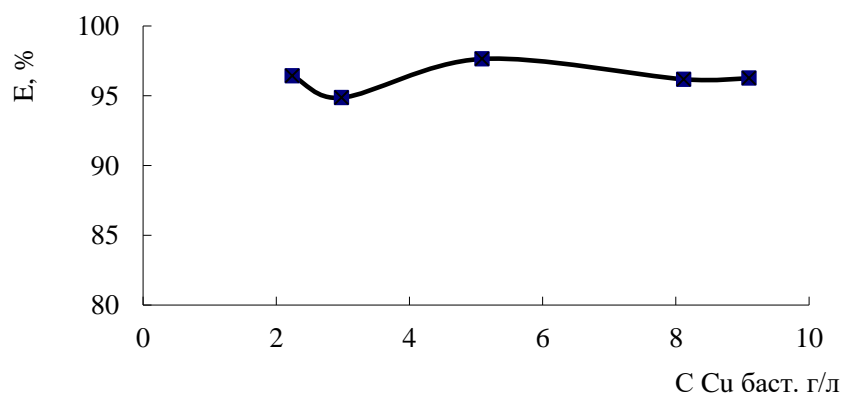
Сонымен қатар алынған деректердің негізінде каприл қышқылы ерітіндісімен экстракциялау үшін мыстың оңтайлы концентрациясы - 5 г/л, бұл кезде мысты ең жоғары бөлініп алу пайызы (97,64 %) және мысты бөлу коэффициентіне ($D = 45,1$) қол жеткізілді.

Кесте 6 – Керосиндегі каприл қышқыл ерітіндісін әр түрлі мыс концентрациясын экстракциялаудағы нәтижелер

Тәжірибе	τ , мин	C_{Cu} раф, г/л	C_{Cu} орг, г/л	D	lg D	E, %
$C_{Cu \text{ баст}} = 2,24$ г/л (pH=6,0)						
1	10	0,15	2,09	13,93	1,143	93,30
2	20	0,10	2,14	21,4	1,330	95,53
3	30	0,08	2,16	27	1,431	96,42
$C_{Cu \text{ баст}} = 2,98$ г/л (pH=6,0)						
4	30	0,15	2,83	18,86	1,275	94,86
$C_{Cu \text{ баст}} = 5,09$ г/л (pH=6,0)						
5	10	0,39	4,7	12,0	1,079	92,33
6	20	0,26	4,83	18,5	1,267	94,89
7	30	0,11	4,97	45,1	1,654	97,64
$C_{Cu \text{ баст}} = 8,12$ г/л (pH=6,0)						
8	10	0,43	7,69	17,88	1,252	94,70
9	20	0,38	7,74	20,36	1,308	95,32
10	30	0,31	7,81	25,19	1,401	96,18
$C_{Cu \text{ баст}} = 9,10$ г/л (pH=6,0)						
11	10	0,54	8,56	15,85	1,200	94,06
12	20	0,50	8,6	17,2	1,235	94,50
13	30	0,34	8,76	25,76	1,410	96,26

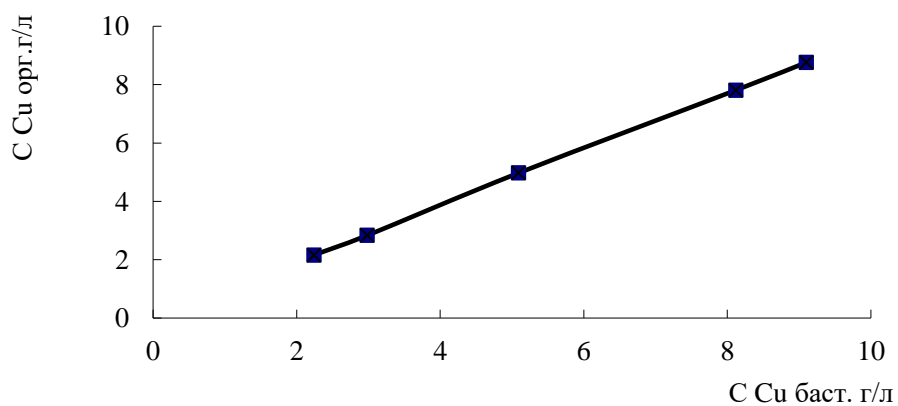


a)



б)

16 - сурет – Бастапқы сулы фазадағы мыс концентрациясының мысты бөлу коэффициентіне тәуелділік (а) және Бастапқы сулы фазадағы мыс концентрациясының мысты экстрактіге бөліп алу дәрежесінің тәуелділігі (б)



17 - сурет – Бастапқы сулы фазадағы мыс концентрациясының органикалық фазадағы мыстың құрамына тәуелділігі

Бастапқы сулы ерітіндісіндегі мыс концентрациясының өсуімен фазалардың бөліну ұзақтығы едәуір ұлғаюы байқалды.

2.2.4 Керосиндегі каприл қышқыл ерітіндісімен экстракциялау процесі кезінде мысты бөліп алуға фазалар арақатынасының әсерін зерттеу

Органикалық және сулы фазалар арақатынасының әсері:

- $J_C:J_O = 10:1$;
- $J_C:J_O = 5:1$;
- $J_C:J_O = 2:1$;
- $J_C:J_O = 1:1$;
- $J_C:J_O = 1:2$.

Фазалар арақатынасының мұндай аралығы органикалық фазада мысты барынша жоғары шығарған кезде мыстың барынша ықтимал шоғырлануын айқындау қажет екендігімен белгіленеді.

Экстракция процесін керосиндегі каприл қышқылының ерітіндісімен, онда мыс концентрациясы 2,98 г/л су ерітіндісінен натрий гидроксиді ерітіндісінің екі есе шығын болғанда 20 минут бойы жүргізді.

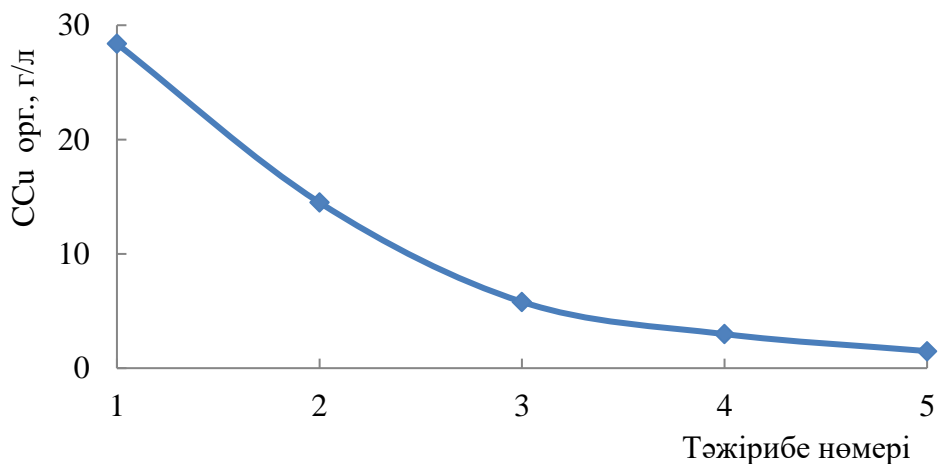
Экстракция процесін жүргізу барысында алынған фазалар арақатынасының әсерін зерттеу бойынша деректер 7-кестеде және 18-суретте берілген.

Кесте 7 – Керосиндегі каприл қышқыл ерітіндісімен экстракциялау процесі кезінде мысты бөліп алуға фазалар арақатынасы

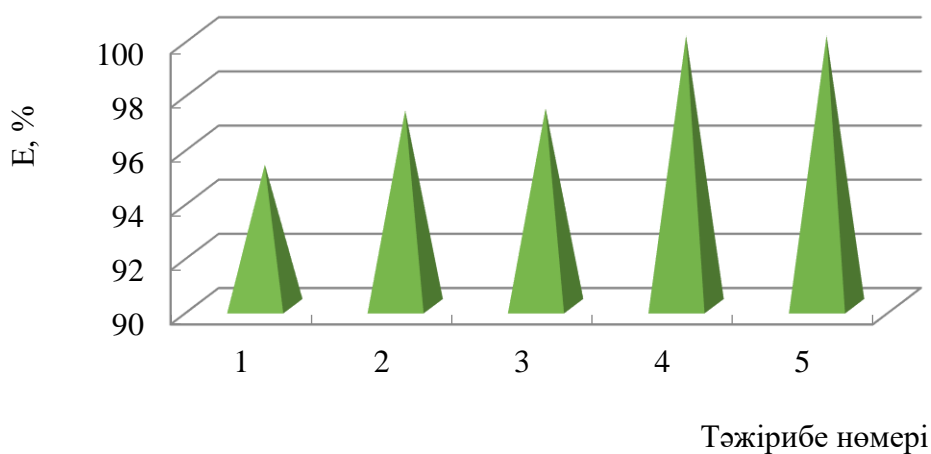
Тәжірибе	$J_C:J_O$	$C_{Cu \text{ раф.}}$, г/л	$C_{Cu \text{ орг.}}$, г/л	D	lg D	E, %
1	10:1	0,142	28,38	199,85	2,300	95,23
2	5:1	0,081	14,49	178,88	2,252	97,24
3	2:1	0,077	5,80	75,32	1,786	97,31

7-кестенің жалғасы

Тәжірибе	Ж _С :Ж _О	C _{Cu} раф., Г/Л	C _{Cu} орг., Г/Л	D	lg D	E, %
4	1:1	т/ж	2,98	-	-	100,0
5	1:2	т/ж	1,49	-	-	100,0



a)



б)

Тәжірибе нөмірлері 7-кестенің деректеріне сәйкес келеді.

18 - сурет – Органикалық фазадағы мыс концентрациясына фазалар арақатынасының тәуелділігі (а) және фазалар арақатынасының мысты экстрактіге бөліп алу тәуелділігі (б)

- Ж_С:Ж_О кезінде = 1:2, Ж_С:Ж_О = 1:1, ж/е Ж_С:Ж_О = 2:1 – 5 минут;
- Ж_С:Ж_О = 5:1 жеткен кезде фазаларды бөлу уақыты - 13 минут;
- Ж_С:Ж_О = 10:1 жеткен кезде фазаларды бөлу уақыты - 22 минут.

Фазалардың бөліну уақытын ескере отырып, керосіндегі каприл қышқылының ерітіндісімен $J_C:J_O = 2:1$ арақатынасында мысты экстракциялау $E = 100\%$.

2.3 Керосіндегі каприл қышқылы және каприл қышқылы мен трибутилфосфат қоспасының ерітіндісімен мысты бөліп алу әсерін зерттеу

Экстрагент керосіндегі каприл қышқылы қоспасының ерітіндісі болып табылады, оны былайша дайындады: 125 мл каприл қышқылы 100 мл тазартылған керосинге ерітілді, содан кейін 125 мл трибутилфосфат қосылды, қоспаны араластырғаннан кейін көлемін 500 мл тазартылған керосинге дейін жеткізді.

Керосинде каприл қышқылы мен трибутилфосфат қоспасының ерітіндісімен мысты экстракциялау құрамында 2,98 г/л және 4,05 г/л мыс бар модельдік ерітіндімен, $pH=4,42$, $pH=6,0$ -те жүргізілді. Эксперименттер 10, 20, 30, 40 минутта жүргізілді. Сулы және органикалық фазалардың арақатынасы 1:1 болды. Экстрагент ретінде трибутилфосфат ерітіндісін пайдаланылды.

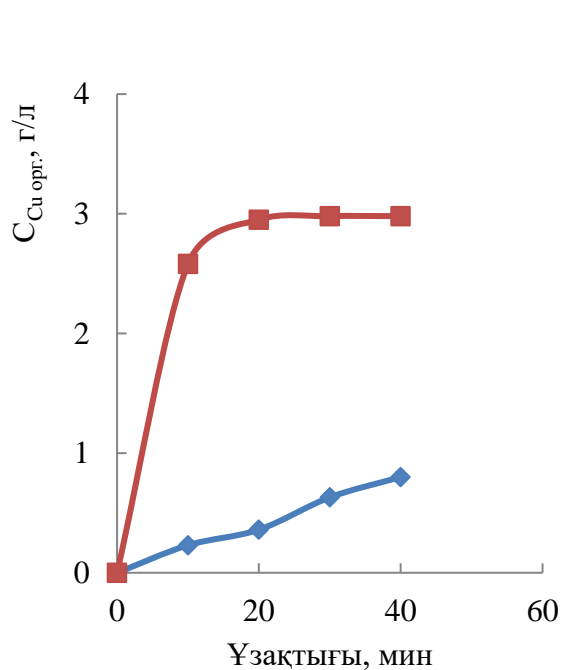
Зерттеу нәтижелері 8 бен 9 кестеде және 19 бен 20 суретте келтірілген.

Кесте 8 – Каприл қышқылы мен трибутилфосфат қоспасының реагентімен сулы ерітінділерінен мысты бөліп алудың экстракция ұзақтығына әсері (3 г/л)

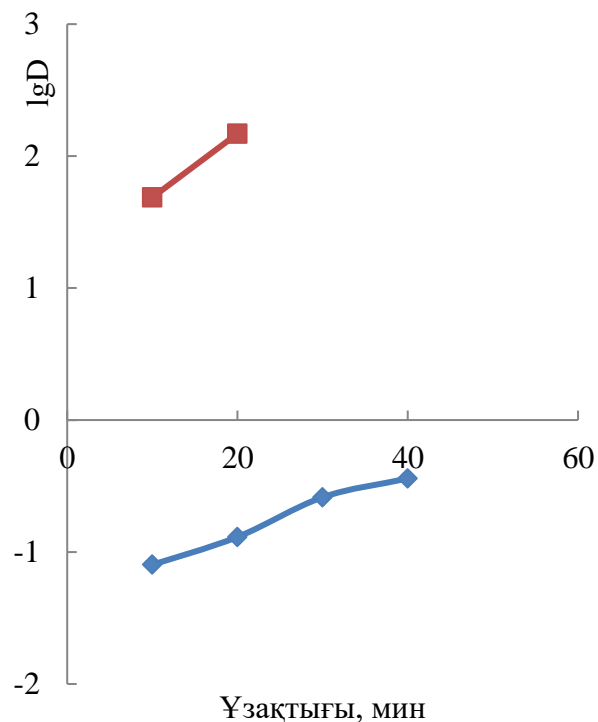
Тәжірибе	τ , мин	$C_{Cu \text{ раф.}}$, г/л	$C_{Cu \text{ орг.}}$, г/л	D	lg D	E, %
$pH_{\text{баст}} = 4,42$						
1	10	2,75	0,23	0,08	-1,096	7,71
2	20	2,62	0,36	0,13	-0,886	12,08
3	30	2,35	0,63	0,26	-0,585	21,14
4	40	2,18	0,80	0,36	-0,443	26,84
$pH_{\text{баст}} = 6,0$						
5	10	0,06	2,92	48,66	1,687	97,98
6	20	0,02	2,96	148	2,170	99,32
7	30	т/ж	2,98	-	-	100
9	40	т/ж	2,98	-	-	100

Кесте 9 – Каприл қышқылы мен трибутилфосфат қоспасының реагентімен сулы ерітінділерінен мысты бөліп алудың экстракция ұзақтығына әсері (4 г/л)

Тәжірибе	τ , мин	$C_{Cu \text{ раф.}}$, г/л	$C_{Cu \text{ орг.}}$, г/л	D	lg D	E, %
$pH_{\text{баст}} = 4,42$						
1	10	3,75	0,30	0,08	-1,096	7,40
2	20	3,64	0,41	0,11	-0,958	10,12
3	30	3,34	0,71	0,21	-0,677	17,53
4	40	3,18	0,87	0,27	-0,568	21,48
$pH_{\text{баст}} = 6,0$						
5	10	0,5	3,55	7,1	0,851	87,65
6	20	0,04	4,01	100,25	2,001	99,00
7	30	0,02	4,03	201,5	2,304	99,50
9	40	т/ж	4,05	-	-	100

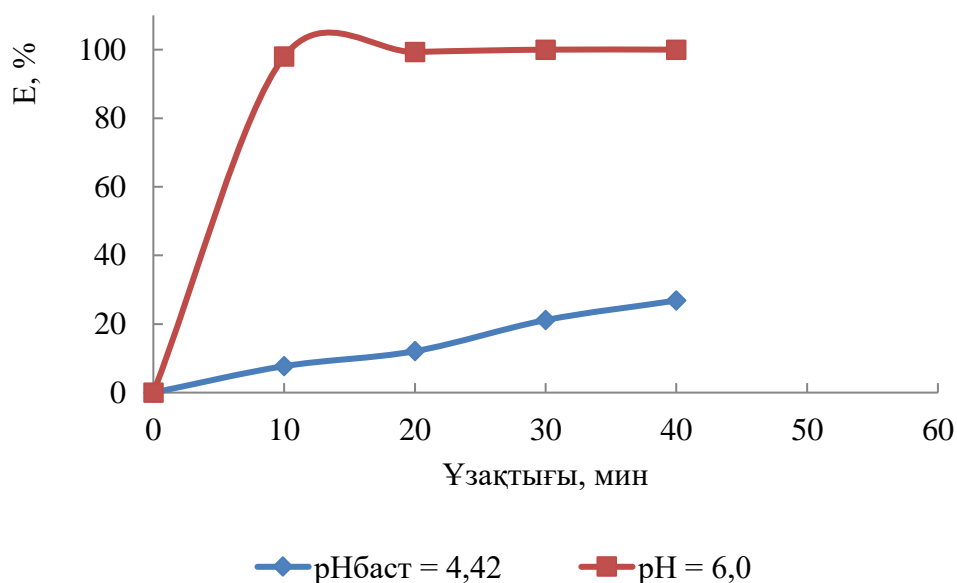


а)



б)

19 - сурет – Экстракция ұзақтығына байланысты мыстың органикалық фазаға өту тәуелділігі (а) және экстракция ұзақтығына байланысты Іg-дегі мысты бөлу коэффициентінің тәуелділігі (б)



20 - сурет – Экстракция ұзақтығына байланысты мыстың бөліп алу дәрежесінің тәуелділігі

2.3.1 Каприл қышқылы мен трибутилфосфат қоспасының ерітіндісімен әр түрлі мыс концентрациясына экстракция процесінің әсерін зерттеу

Бастапқы сулы ерітіндідегі мыс концентрациясының әсерін зерттеу үшін 2, 5, 8 және 9 г/л концентрациялары таңдалды.

Экстракцияны 10, 20 және 30 минут ішінде органикалық және сулы фазалардың қатынасы 1:1-ге тең болған кезде натрий гидроксиді ерітіндісінің есептік шығынының қатысуымен жүргізді.

Мысқа қатысты трибутилфосфат негізінде экстрагенттің экстракциялық қабілетін сипаттайтын эксперименттік және есеппен алынған деректер 10 және 11-кестеде және 21 және 22-суреттерде берілген.

Кесте 10 – Каприл қышқылы мен трибутилфосфат қоспасының ерітіндісімен әр түрлі мыс концентрациясының нәтижелері (рН_{баст} = 4,42)

Тәжірибе	τ , МИН	C_{Cu} раф, Г/Л	C_{Cu} орг, Г/Л	D	lg D	E, %
$C_{Cu \text{ баст}} = 2,24 \text{ Г/Л (pH}_{\text{баст}} = 4,42)$						
1	10	1,98	0,26	0,13	-0,886	11,60
2	20	1,85	0,39	0,21	-0,677	17,41
3	30	1,76	0,48	0,27	-0,568	21,42
$C_{Cu \text{ баст}} = 2,98 \text{ Г/Л (pH}_{\text{баст}} = 4,42)$						
4	30	2,18	0,8	0,36	-0,443	26,84
$C_{Cu \text{ баст}} = 5,09 \text{ Г/Л (pH}_{\text{баст}} = 4,42)$						
5	10	4,96	0,13	0,02	-1,698	2,55
6	20	4,82	0,27	0,05	-1,301	5,30
7	30	4,68	0,41	0,08	-1,096	8,05
$C_{Cu \text{ баст}} = 8,12 \text{ Г/Л (pH}_{\text{баст}} = 4,42)$						
8	10	7,09	1,03	0,14	-0,853	12,68
9	20	6,95	1,17	0,16	-0,795	14,40
10	30	6,81	1,31	0,19	-0,721	16,1
$C_{Cu \text{ баст}} = 9,10 \text{ Г/Л (pH}_{\text{баст}} = 4,42)$						
11	10	8,12	0,98	0,12	-0,008	10,76
12	20	8,02	1,02	0,13	-0,886	11,20
13	30	7,88	1,22	0,15	-0,823	13,40

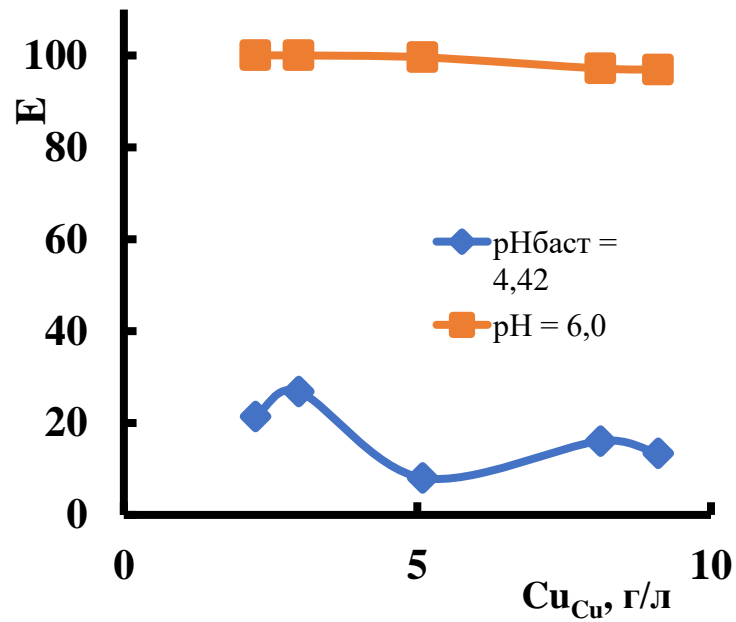
Кесте 11 – Каприл қышқылы мен трибутилфосфат қоспасының ерітіндісімен әр түрлі мыс концентрациясының нәтижелері ($pH_{\text{баст}} = 6,0$)

Тәжірибе	τ , МИН	C_{Cu} раф, Г/Л	C_{Cu} орг, Г/Л	D	lg D	E, %
$C_{Cu \text{ баст}} = 2,24 \text{ Г/Л (pH}_{\text{баст}} = 6,0)$						
1	10	0,09	2,15	23,88	1,378	95,98
2	20	0,03	2,21	73,6	-0,677	98,66
3	30	Т/Ж	2,24	-	-	100

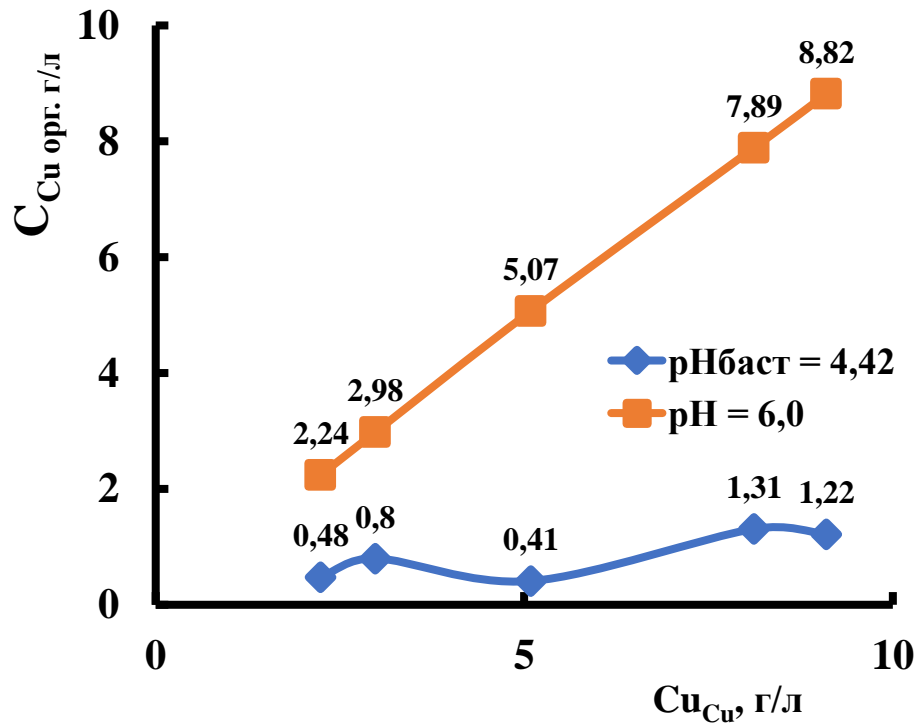
11-кестенің жалғасы

Тәжірибе	τ , МИН	C_{Cu} раф, Г/Л	C_{Cu} орг, Г/Л	D	lg D	E, %
$C_{Cu \text{ баст}} = 2,98 \text{ Г/Л (pH}_{\text{баст}} = 6,0)$						
4	30	т/ж	2,98	-	-	100
$C_{Cu \text{ баст}} = 5,09 \text{ Г/Л (pH}_{\text{баст}} = 6,0)$						
5	10	0,25	4,84	19,36	1,286	95,08
6	20	0,12	4,97	41,41	1,617	97,64
7	30	0,02	5,07	253,5	2,403	99,60
$C_{Cu \text{ баст}} = 8,12 \text{ Г/Л (pH}_{\text{баст}} = 6,0)$						
8	10	0,39	7,73	19,82	1,297	95,19
9	20	0,30	7,82	26,06	1,415	96,30
10	30	0,23	7,89	34,30	1,535	97,16
$C_{Cu \text{ баст}} = 9,10 \text{ Г/Л (pH}_{\text{баст}} = 6,0)$						
11	10	0,50	8,6	17,2	1,235	94,50
12	20	0,44	8,66	19,68	1,294	95,16
13	30	0,28	8,82	31,5	1,498	96,92

21 және 22 суреттегі мәндер ($pH_{\text{баст}} = 4,42$) болғандағы:



21 - сурет – Сулы фазадағы мыс концентрациясының мыстың бөліп алу дәрежесіне тәуелділігі



22 - сурет – Сулы фазадағы мыс концентрациясының органикалық фазадағы мыс концентрациясына тәуелділігі

2.3.2 Мысты каприл қышқылы мен трибутилфосфат қоспасының ерітіндісімен бөліп алу кезінде органикалық және сулы фазалардың қатынасының әсерін зерттеу

Органикалық және сулы фазалар арақатынасының әсері:

- ЖС:ЖО = 10:1;
- ЖС:ЖО = 5:1;
- ЖС:ЖО = 2:1;
- ЖС:ЖО = 1:1;
- ЖС:ЖО = 1:2.

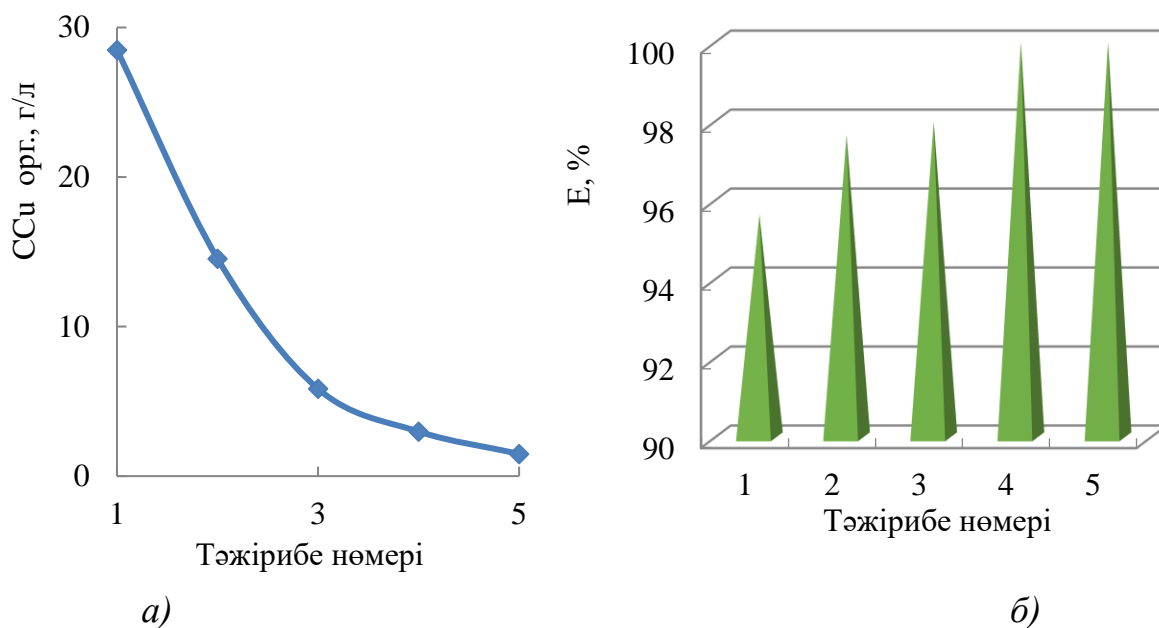
Фазалар арақатынасының мұндай аралығы органикалық фазада мысты барынша жоғары шығарған кезде мыстың барынша ықтимал шоғырлануын айқындау қажет екендігімен белгіленеді.

Экстракция процесін трибутилфосфат ерітіндісімен, онда мыс концентрациясы 2,98 г/л су ерітіндісінен натрий гидроксиді ерітіндісінің екі есе шығын болғанда 20 минут бойы жүргізді.

Экстракция процесін жүргізу барысында алынған фазалар арақатынасының әсерін зерттеу бойынша деректер 12-кестеде және 23-суретте берілген.

Кесте 12 – Мысты каприл қышқылы мен трибутилфосфат қоспасының ерітіндісімен бөліп алу кезінде органикалық және сулы фазалардың қатынасыны

Тәжірибе	ЖС:ЖО	$C_{Cu \text{ раф.}}$ г/л	$C_{Cu \text{ орг.}}$, г/л	D	lg D	E, %
1	10:1	0,130	28,5	219,23	2,340	95,63
2	5:1	0,069	14,55	210,86	2,323	97,65
3	2:1	0,058	5,84	100,68	2,002	97,98
4	1:1	т/ж	2,98	-	-	100,00
5	1:2	т/ж	1,49	-	-	100,00



Тәжірибе нөмірлері 12-кестенің деректеріне сәйкес келеді.

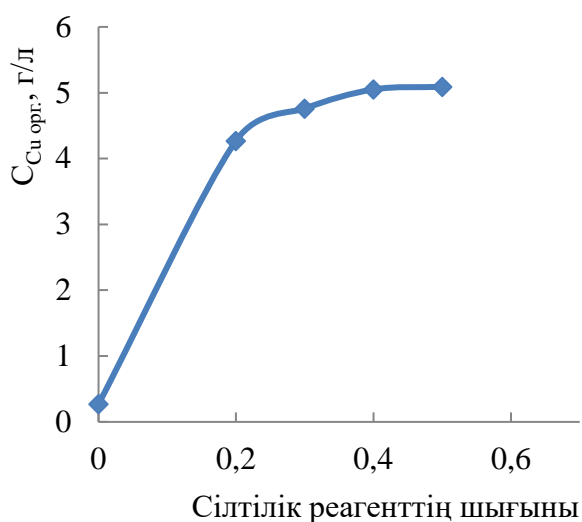
23 - сурет – Органикалық фазадағы мыс концентрациясына фазалар арақатынасының әсерінің тәуелділігі (а) және мысты экстрактіге бөліп алуға фазалар арақатынасының тәуелділігі (б)

2.3.3 Сулы ерітіндісінен мысты каприл қышқыл мен трибутилфосфат қоспасының ерітіндісімен экстракциялауға сілтілі реагенттер шығынының әсерін зерттеу

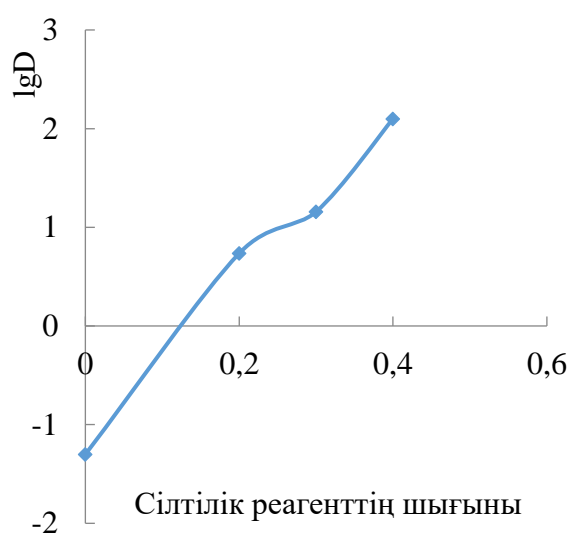
Органикалық және сулы фазаларының арақатынасы 1:1-ге тең болған кезде экстракцияның ұзақтығы 20 минутты құрады. Экстрагент ретінде трибутилфосфат ерітіндісін пайдаланды. Нәтижелер 24-сурет, 13-кестеде көрсетілген.

Кесте 13 – Каприл қышқылы мен трибутилфосфат қоспасының экстрагентімен экстракциялау процесі кезінде мысты бөліп алуға және бөлуге сілтілік реагенттер шығындарының әсері

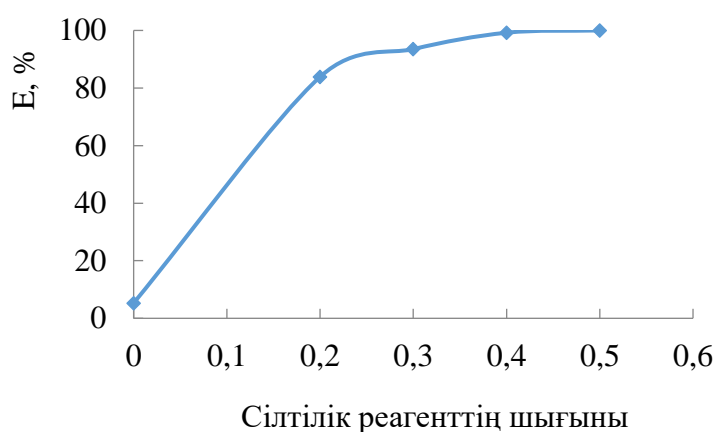
Тәжірибе	Сілтілік реагенттің шығыны, R	$C_{Cu \text{ раф,}}$ г/л	$C_{Cu \text{ орг,}}$ г/л	D	lg D	E, %
Натрий гидроксидінің ерітіндісі (80 г/л)						
1	0,00	4,82	0,27	0,05	-1,301	5,30
2	0,2	0,82	4,27	5,20	0,736	83,88
3	0,3	0,33	4,76	14,42	1,158	93,51
4	0,4	0,04	5,05	126,25	2,101	99,21
5	0,5	т/ж	5,09	-	-	100



а)



б)

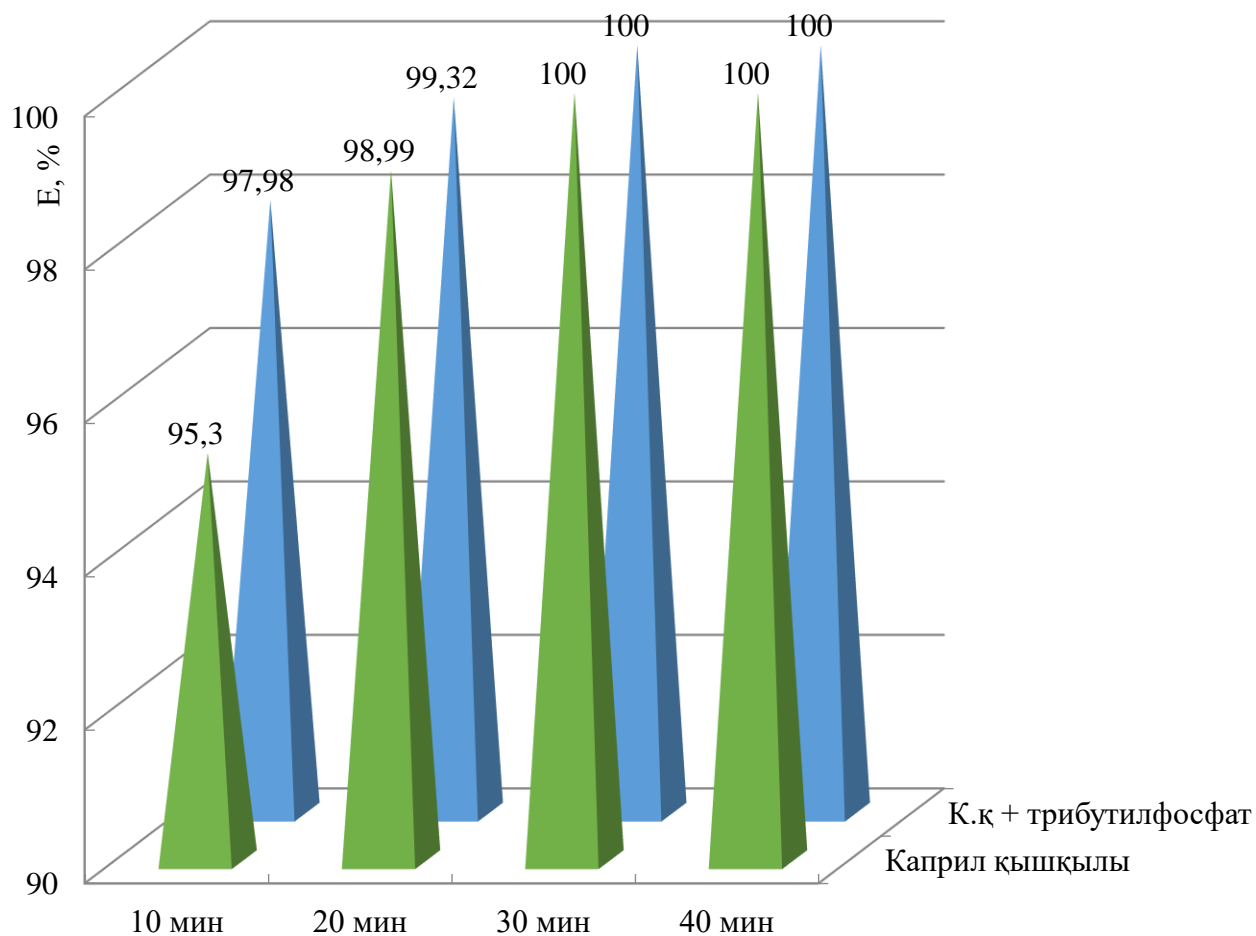


в)

24 - сурет – а) сілтілі реагенттің шығынына байланысты мыстың органикалық фазаға өту тәуелділік, г/л; б) мысты органикалық фазаға lg –дегі бөлу бөлу коэффициентінің тәуелділік; в) сілтілі реагенттің шығынына байланысты мыс бөліп алудың дәрежесінің тәуелділігі.

Алынған нәтижелерді керосиндегі каприл қышқылының ерітіндісіндегі мысты бөліп алғандағы нәтижелермен салыстырдық. Экстрагенттер бойынша салыстырмалы нәтижелер 25 - суретте көрсетілген.

Ұсынылған нәтижелерде көрініп тұрғандай, экстрагенттердің каприл қышқылы негізінде мысты бөліп алу тәуелділігінің сипаты ұқсас, бірақ каприл қышқыл мен трибутилфосфат қоспасының қатысуымен мысты бөліп алудың аздап ұлғаюы байқалады, бұл оның экстракция процесіне оң әсерін көрсетеді.



Сулы ерітінділерден мысты бөліп алудың экстракция процесінің уақытының әсері (pH=6,5)

25 - сурет – Керосіндегі каприл қышқыл ерітіндісі және каприл қышқыл мен трибутилфосфат ерітіндісінің тәжірибелік нәтижелерін салыстыру

$\tau = 20$ минут экстракция процесінде мыстың бөлінуі каприл қышқылында $E=98,99\%$, ал трибутилфосфат ерітіндісінде $E=99,32\%$, $\tau = 30$ минутта екеуі де $E=100\%$ тең. Айырмашылық көп емес, дегенмен каприл қышқылы мен трибутилфосфат қоспасының ерітіндісі мысты бөліп алуда оңтайлы болып келетіндігіне көз жеткіздік.

2.4 Керосиндегі Каприл қышқылы және каприл қышқылы мен трибутилфосфат реагенттерімен экстракциялау арқылы алынған экстракттардан мысты реэкстракциялау процесі

2,98 г/л мыс концентрациясында жүргізілді. Реэкстрагент ретінде күкірт қышқылын пайдаландық, себебі ол бізге қолжетімді.

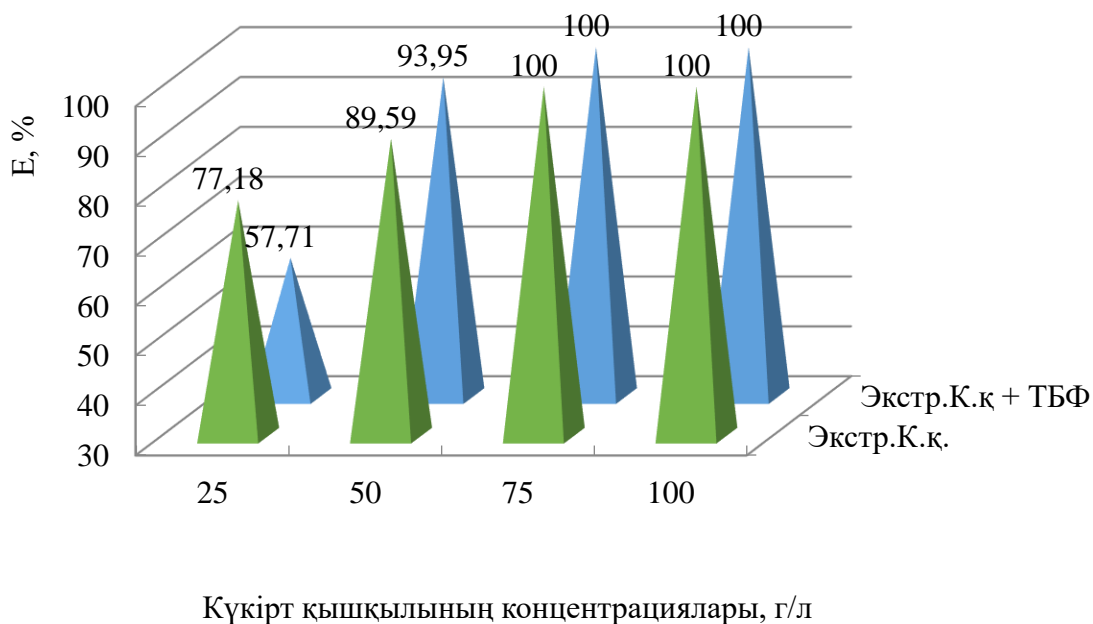
- сульфатты ерітінділерден мыс электр тұндырумен оңай алынады;
- басқа минералдық қышқылдармен салыстырғанда арзан және Қазақстанда көп жасалынады.

Реэкстракция процесін 20 минутта жүргіздік. Күкірт қышқылынан 25,50,75,100 г/л концентрацияларды қолдандық. Фазалардың қатынасы 1:1.

Эксперименттегі нәтижелер 14 – кесте, 26 – суретте көрсетілген.

Кесте 14 – Мыстың реэкстракция процесі күкірт қышқылымен

Тәжірибе нөмері	$C_{H_2SO_4}$, г/л	C_{Cu} реэкст, г/л	E, %
керосиндегі каприл қышқылының ерітіндісі негізінде құрамында мыс бар экстракті			
1	25	2,30	77,18
2	50	2,67	89,59
3	75	2,98	100
4	100	2,98	100
Каприл қышқылымен трибутилфосфат қоспасының ерітіндісі негізінде құрамында мыс бар экстракті			
5	25	1,72	57,71
6	50	2,80	93,95
7	75	2,98	100
8	100	2,98	100



26 - сурет – Мыстың реэкстракция процесі күкірт қышқылымен

Алынған нәтижелерден көріп отырғанымыздай, реэкстракция процесі кезінде мыстың сулы фазасына бөлініп алыну дәрежесі күкірт қышқылының концентрациясына байланысты. Мысты барынша бөліп алу күкірт қышқылының ерітіндісімен 75 г/л кем емес реэкстракциялау процесі кезінде жүргізіледі.

Эксперименттік бөлім бойынша қорытынды:

- экстракция ұзақтығын 20 минуттан артық ұзартудың тек мыстың бөліп алынуы өзгермейтіндіктен ғана емес, сонымен қатар экстракциялық процестер үшін қолайсыз болып табылады, олардың аппаратуралық жабдықтауды қиындатады және рафинаттарды экстрагенттен тазарту үшін қосымша шығындарды талап етеді;

- сулы фазасының рН-ы мысты органикалық фазаға бөліп алуға әсер етеді, бейтарап және сілтілі ерітінділерден мыс бөліп алу өте жоғары;

- мысты органикалық фазаға толық бөліп алу үшін сілтілі реагенттің есептік саны жеткіліксіз және экстракция процесіне сілтілі реагенттің табиғаты әсер етеді;

- керосиндегі каприл қышқыл ерітіндісімен және трибутилфосфат ерітіндісімен мысты бөліп алу тәуелділігінің нәтижелері ұқсас, бірақ трибутилфосфаттың қатысуымен мысты бөліп алудың шамалы өсуі байқалады, бұл оның экстракция процесіне оң әсерін көрсетеді;

- реэкстракция кезінде мыстың сулы фазасына бөлініп алыну дәрежесі күкірт қышқылының концентрациясына айтарлықтай байланысты және мыстың барынша бөлініп алынуы күкірт қышқылының ерітіндісімен кемінде 75 г/л қайта экстракциялау кезінде жүргізіледі.

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 (3.1-кесте). Демек, амортизация нормасы (H_a) формулаға сәйкес жабдықтың қызмет ету мерзімі бойынша анықталады:

$$H_a = \frac{100}{B}, \quad (29)$$

мұндағы B – қызмет көрсету мерзімі.

Кесте 15 – Амортизациялық шығындар

Қондырғы атаулары	Қызмет мерзімі, жыл	Саны	Бағасы, тг	Жылдық құны, тг	H_a , %	Амортизацияның жылдық сомасы, тг
«Consort» С 933 рН орта анықтайтын аппарат	10	1	62000	62000	10	6200
Сибек ЭЛ-1 құрылғысы	10	1	48000	48000	10	4800
Магнитті араластырғыш	10	2	85000	170000	10	17000
Аналитикалық таразы	10	1	53000	53000	10	5300
Барлығы			248000	333000		33300

Жабдықтың жалпы құны 333000 теңгені құрайды. Бір жыл ішінде жабдық үшін амортизациялық аударымдар сомасы 33300 теңгені құрайды.

3.2.1 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 16-кестеде келтірілген.

Кесте 16 – 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
ТБФ, л	0,2	5700	1140
Каприл қышқылы, л	0,4	3000	1200
«Fairu», 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
Белгіш воронка	1	1000	1000
Мор тұзы	0,1	3500	350
Барлығы:			19450

Негізгі және қосалқы материалдарға шығындар 19450 теңгені құрайды.

3.2.2 Электр энергиясының шығындарын есептеу

Бұл жұмыста электр энергиясын Сибек ЭЛ-1 экстракторы және «Consort» С 933 тұтынады. Экстрактор 1 сағатқа 0,075 кВт тұтынады, 40 тәжірибенің жалпы ұзақтығы 6,95 сағатты құрайды, электр энергиясын тұтыну $0,075 \cdot 6,95 = 0,52$ кВт құрайды. 1 сағат ішінде 933-тен "Consort" 0,02 кВт тұтынады, жалпы жұмыс ұзақтығы 200 сағатты құрады, содан кейін тұтыну $0,02 \cdot 200 = 4$ кВт құрайды.

Демек, «Consort» С 933 құрылғының жалпы электр энергиясы 0,52 кВт

құрайды, иономерге байланысты 4 кВт. Екі апараттың жалпы электр энергиясының шығыны 4,52 кВт-қа тең. 1 кВт*сағ электр энергиясының құны 17,76 тг. Сонда жұмсалған 4,52 кВт:

$$4,52 \cdot 17,76 \approx 80 \text{ тг.}$$

3.2.3 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 1,001 м³ құрайды.

1 м³ суық судың құны 162 тг құрайды, содан кейін 1,003 м³ болады:

$$1,003 * 162 \approx 163 \text{ тг.}$$

3.3 Шығындардың жалпы сомасын есептеу

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

Барлық шығындар 17-кестеде келтірілген.

Кесте 17 – Ғылыми-зерттеу жұмыстарының жалпы шығындары

Шығындар атауы	Шығын сомасы, тг
Бір жылға кеткен амортизациялық шығындар	33300
Қосалқы және негізгі материалдар	19450
Электр қуаты	80
Суық су	163
Барлығы:	52993

Осылайша, зерттеу шығындарының сомасы 52993 теңгені құрайды. Жұмысқа кеткен уақыт 100 сағат.

ҚОРЫТЫНДЫ

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

Әдеби шолу бойынша:

– қазіргі уақытта Қазақстан Республикасында құрамында мыс бар кендердің бай қоры таусылды және өңдеуге бұрын сапасыз шикізатты тарту қажет, сондықтан мысты алудың гидрометаллургиялық әдістері алдыңғы қатарға шығуда;

– кен шикізатын шаймалау кезінде еріткіштер ретінде қышқыл, сілті және тұз реагенттері пайдаланылады, яғни алынған өнімді ерітінділер құрамы жағынан да, табиғаты бойынша да түбегейлі ерекшеленуі мүмкін, сондықтан мыс бөліп алу үшін қолданылатын ион алмастырғыш материалдардың ауқымды шешімдер өте кең;

– экстракция арқылы мысты алу үшін бейтарап фосфорорганикалық қосылыстар (трибутилфосфат) қолданылады; құрамында азот бар экстрагенттер; белсенді экстрагенттер, жоғары молекулалы сульфон қышқылдары; карбоксил топтары бар қышқылдар; алкилфосфор қышқылдары; май қышқылдары; мысты бөліп алу үшін ең көп қолданылатыны катионалмастырғыш экстрагенттер;

– экстрагентті бірнеше рет пайдалану экстракцияны пайдаланудың үнемділігін қамтамасыз етеді, сонымен қатар экстракция әдістері мақсатты металдарды таңдап алуға және электролиз және тұндыру әдістерімен өңдеуге және бай ерітінділер алуға мүмкіндік береді;

– экстракция үздіксіз режимде жұмыс істейтін салыстырмалы қарапайым құрылғыларда жүзеге асырылады. Процесті автоматтандыру оңай. Экстракцияны пайдалану технологияны жеңілдетуге, энергия шығындарын азайтуға, қоршаған ортаға экологиялық қысымды азайтуға мүмкіндік береді.

Эксперименттік бөлім бойынша:

– экстракция процесінің 20 мин артық жұмыс істеудің қажеті жоқ, себебі мыстың бөлініп алу дәрежесі өзгермейді және бұл экстракция процесіне тиімсіз болып келеді, сонымен қатар рафинат пен экстрагенттерді тазарту үшін қосымша шығын болады;

– сулы фазаның рН мәні мысты органикалық фазаға бөліп алуға әсер етеді, әсіресе мысты бейтарап және сілтілі ерітінділерден бөліп алу дәрежесі өте жоғары. Натрий гидроксидінің есептелген мәні $pH = 6$ ортаға келтіруге жеткілікті болды;

– натрий гидроксидінің есептелген мәні кезінде каприл қышқылының ерітіндісімен экстракциялау кезінде мыстың оңтайлы концентрациясы 5 г/л құрайды, мыстың максималды бөліп алуы $E = 97,64\%$ және мыстың бөліп алу коэффициенті $D = 45,1$ болды;

– керосиндегі каприл қышқылының ерітіндісі және каприл қышқылы мен трибутилфосфат қоспасының ерітіндісімен мысты экстракциялауда

$J_C:J_O = 2:1$ фазалық қатынас тиімді болды;

– керосиндегі каприл қышқыл ерітіндісімен және трибутилфосфат ерітіндісімен мысты бөліп алу нәтижелері ұқсас, бірақ трибутилфосфаттың қатысуымен мысты бөліп алудың аздап өсуі байқалады, бұл оның экстракция процесіне оң әсерін көрсетеді. Трибутилфосфатты қосу кезінде мысты экстракциялауда синергетикалық әсер анықталған жоқ;

– каприл қышқылының қоспасымен және каприл қышқылы мен трибутилфосфат қоспасының ерітіндісімен экстракциялау кезінде сілтілік реагенттің оңтайлы шығыны, біріншіге 2 мл NaOH, екіншіге 0,5 мл NaOH. Бұл ретте мысты 99% -дан астам бөліп алуға қол жеткізілді;

– реэкстракция кезінде мыстың сулы фазаға бөлініп алынуы күкірт қышқылының концентрациясына байланысты және мыстың барынша бөлініп алынуы күкірт қышқылының ерітіндісімен кемінде 75 г/л де толығымен бөлініп алынады.

Экономикалық бөлім бойынша: жұмыс 100 сағат жасалынды, зерттеу кезінде кеткен шығын 52993 теңгені құрайды

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР

- 1 The Mineral Industry of Kazakhstan. Elena Safirova. U.S. GEOLOGICAL SURVEY MINERALS YEARBOOK 2017 – 2018.
- 2 Fathi Habashi. "A Short History of Hydrometallurgy." Hydrometallurgy, vol. 83, 2006.
- 3 J. M. de la Torre, S. F. Rodriguez, and J. L. Valverde. "Hydrometallurgy: Present and Future Approaches." Journal of Cleaner Production, vol. 83, 2014.
- 4 "Hydrometallurgy: Fundamentals and Applications" by Michael L. Free and Michael Moats. John Wiley & Sons, Inc., 2013.
- 5 Наумов А.В. Ритмы рения (обзор мирового рынка) // Известия вузов. Цветная металлургия. 2007. № 6. с. 36-41.
- 6 Орлов А.К. Пирометаллургическая селекция медно-цинковых материалов / А.К.Орлов, Г.В.Коновалов, А.Я.Бодуэн //
- 7 Записки Горного института. 2011. Т. 192. с. 65-68.
- 8 Д.С.Луцкий, А.С.Игнатович. Исследование гидрометаллургического извлечения меди и рения при переработке медных некондиционных концентратов.
- 9 Gupta, C. K., and T. K. Mukherjee. Hydrometallurgy in Extraction Processes. Boca Raton, FL: CRC Press.
- 10 M. Venkobachar, S. Srinivasa Rao. Solvent Extraction of Uranium(VI) from Alkaline Solutions. Journal of Chemical & Engineering Data, Volume 32, Issue 2, 1987.
- 11 Extractive metallurgy of copper (ME Schlesinger, M King, KC Sole, WG Davenport Elsevier).
- 12 "Chemical Process Equipment: Selection and Design" by James R. Couper, W. Roy Penney and James R. Fair, Butterworth-Heinemann, 2010.
- 13 Е.В. Сергеева, И.Н. Логинов, Г.А. Фомичев. "Использование ионообменных материалов при переработке минерального сырья". Химия и технология топлива и масел. 2009. с 40-43.
- 14 Л.А. Сысоева, В.А. Шнейдер. "Ионообменные процессы в гидрометаллургии меди". Тезисы докладов научно-технической конференции "Современные технологии гидрометаллургической переработки руд". 2015. с 73-75.
- 15 <https://optkonserv.ru/strany-lidery-po-zapasam-medi-2021/>
- 16 <https://gazprombank.investments/blog/market/market-copper/>
- 17 Ә.Ө. Байқоңырова, Г.А. Усольцева, С.С. Қоңыратбекова, А.Ж. Алтмышбаева. «Металдарды тазарту және бөлу теориясы мен практикасы». Зертханалық жұмыстарды жүргізуге арналған әдістемелік нұсқау. Қ.И. Сәтбаев атындағы қазқзту, 2021 ж. 42 б.
- 18 <https://www.himmax.ru/index.php/produktsiya/30-reaktivy/2000-kaprilovaya-kislota>

19 Трубников С. В. Экстракция кадмия и цинка олигомерными реагентами фенольного типа из аммиачных и щелочных растворов / Дис. канд. хим. наук – М: Фонды МИТХТ, 1988. – 157 с.

20 Куликова Л. Н. Натрия тиосульфат // Химическая энциклопедия : в 5 т. / Гл. ред. И. Л. Кнунянц. - М.: Большая Российская энциклопедия, 1992. - Т. 3: Меди – Полимерные. – С. 186—187. - 639 с. – 48 000 экз. - ISBN 5-85270-039-8.

21 М.В. Терехина.ГОСТ 10574 – 2016 Продукты мясные. Методы определения крахмала с. 13

22 Курс аналитической химии. Количественный анализ. Под ред. А. П. Крешкова, – 5-е изд., испр. М.: Химия, 1982. 312 с., ил.

23 Золотов Ю.А. Экстракция в неорганическом анализе. М.: Изд-во МГУ, 1988. 82 бет.. Золотов Ю.А. Экстракция внутрикомплексных соединений. М.: Наука, 1968. 313 с.