

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Металлургия және өндірістік инженерия институты

Металлургиялық процестер, жылу техникасы және арнайы материалдар
технологиясы кафедрасы

Ғалламов Алдияр

Құрамында алтыны бар сорбенттерді перхлорат ерітінділерімен регенерациялау

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

5B070900 – Metallургия мамандығы

Алматы 2021

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Металлургия және өндірістік инженерия институты

Металлургиялық процестер, жылу техникасы және арнайы материалдар
технологиясы кафедрасы

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ:

МПЖжАМТ кафедрасының меңгерушісі
қауымд. проф., Ph.D., тех. ғыл. канд,

 Чепуштанова Т.А

« 04 » маусым 2021 ж.

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: «Құрамында алтыны бар сорбенттерді перхлорат ерітінділерімен
регенерациялау»

5B070900 – Metallургия мамандығы

Орындаған: Ғалламов А.

Жетекші: т.ғ.к., сениор-лектор



Конныратбекова С.С

“ 02 ” маусым 2021 ж.

Алматы 2021

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Сәтбаев Университеті

Металлургия және өнеркәсіптік инженерия институты

Металлургиялық процесстер, жылу техникасы және арнайы материалдар
технологиясы кафедрасы

5B070900 - «Металлургия»

БЕКІТЕМІН:

МПЖжАМТ кафедрасының меңгерушісі
қауымд. проф., Ph.D., тех. ғыл. канд,

 Чепуштанова Т.А

« 04 » желтоқсан 2020 ж.

Дипломдық жұмыс орындауға

ТАПСЫРМА

Білім алушы: Ғалламов Алдияр Бекболатұлы

Тақырып: Құрамында алтыны бар сорбенттерді перхлорат ерітінділерімен
регенерациялау

Университет Ректорының 2021 жылғы "27" қаңтардағы № 762-б бұйрығымен
бекітілген

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі: «30» мамыр 2021 ж.

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

а) перхлорат ерітіндісімен регенерациялау процесін жүргізу;

б) құрамында алтыны бар сорбентті десорбция арқылы алтынды ерітіндіде
өткізу процесінің оптималды параметрлерін қарастыру;

в) өмір тіршілік қауіпсіздігі және еңбек қорғау сұрақтарын қарастыру;

г) жұмыстың экономикалық тиімділігін және жұмысқа кеткен шығындарды
есептеу.

Сызба материалдар тізімі (міндетті сызбалар дәл көрсетілуі тиіс)




Сызба материалдарының 15 слайдта көрсетілген

Ұсынылатын негізгі әдебиет 14 атаудан тұрады.

**Дипломдық жұмысты даярлау
КЕСТЕСІ**

Бөлім атаулары, дайындалатын сұрақтардың тізімі	Ғылыми жетекшіге, кеңесшілерге өткізу мерзімі	Ескерту
Кіріспе	10.02.2021 ж.	
Аналитикалық бөлім	29.03. 2021 ж.	
Тәжірибелік бөлім	10.05. 2021 ж.	
Экономикалық бөлім	21.05. 2021 ж.	
Еңбекті қорғау	28.05.2021 ж.	
Қорытынды	31.05. 2021 ж.	
Қалып бақылау	01.06.2021 ж.	

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

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер, аты, әкесінің аты, тегі (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Экономика бөлімі	Т.Ғ.К., сениор–лектор, С.С. Коныратбекова	29.05.2021 ж.	
Еңбекті қорғау	Т.Ғ.К., сениор–лектор, С.С. Коныратбекова	25.05.2021 ж.	
Норма бақылау	Т.Ғ.К., сениор–лектор, С.С. Коныратбекова	08.06.2021 ж.	

Ғылыми жетекші



Коныратбекова С.С.

Студент тапсырманы орындауға алды



Ғалламов А.

Күні "11" қантар 2021 ж.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	4
1 Аналитикалық әдебиеттерге шолу	6
1.1 Цианидті ерітінділерден алтынның сорбциясы	6
1.2 Алтынды алу кезінде ион алмастырғыш шайырлардың регенерациясы	8
1.2.1 Алтынды тиоцианаттардың бейтарап немесе сілтілі ерітінділерімен десорбциялау	9
1.2.2 Мырыш цианиді ерітінділерімен десорбция	9
1.2.3 Тиорий ерітіндісімен сорбенттерді қалпына келтіру	10
1.3 Ерітінділерден алтынды цементтеу арқылы алу	12
1.4 Алтынды электролиттік экстракциялау	14
2 Тәжірибелік бөлім	15
2.1 Тәжірибе техникасы	15
2.2 Аналитикалық процедура	16
2.3 Натрий перхлораты ерітінділерімен АМ-2В анион алмастырғышта алтынның десорбциялану жағдайларын зерттеу	17
2.3.1 Түсті металдардың ұжымдық десорбциясы	17
2.3.2 Температураның алтынның	19
2.4 Алтын мен металл қоспаларының десорбциялық кинетикасы	21
2.5 Элюенттерден алтынды алу	22
2.5.1 Перхлоратты ерітінділерден алтынды электролиздеу	23
2.5.2 Алюминий чиптерінде алтынды цементтеу	23
3 Еңбекті қорғау	25
3.1 Ұйымдастыру іс-шаралары	25
3.2 Химиялық күйіктерді болдырмау шаралары	26
3.3 Өртке қарсы іс-шаралар	26
4 Экономикалық бөлім	27
4.1 Зерттеу жұмысының нәтижелерін математикалық өңдеу	27
4.1.1 Алтынды зерттеу кезінде алынған нәтижелерді ерітінділердің қалпына келу дәрежесінің тәуелділік концентрациясына математикалық өңдеу	28
4.1.2 Алтынды алу дәрежесінің процестің ұзақтығына тәуелділігін зерттеу кезінде алынған нәтижелерді математикалық өңдеу	29
4.1.3 Температурада тәуелділікті зерттеу дәрежесінен алынған алтын экстракциялау ерітіндісінің нәтижелерін математикалық өңдеу	29
4.2 Зерттеу жұмысының экономикалық тиімділігін есептеу	30
4.2.1 Зерттеу шығындарын есептеу	30
Қорытынды	31
Пайдаланылған әдебиеттер	32

КІРІСПЕ

Алтынның гидрометаллургиясындағы сорбция әдістері кең қолданылуды тапты, мұнда металдың концентрациясына өте тиімді қол жеткізіледі, оның құрамындағы кен құрамы өте төмен.

Сонымен, құрамында алтыны бар кендерде алтынның мөлшері 0,5– 5 г/т құрайды. Руданы цианид ерітінділерімен сілтілеу кезінде алтынның өнімді ерітіндідегі концентрациясы 1-10 г/м³ құрайды. Содан кейін алтынды аниониттерге көмірге немесе ион алмастырғыш шайырға сорбциялау кезінде алтынның концентрациясы 5-15 кг/т-қа жетеді. Осылайша, алынған компоненттің концентрациясы мың еседен астамға жетеді.

Сорбенттерді қолдану цианидті ерітінділерден алтын алудың басқа әдісін - цементтеу әдісін ауыстыруға мүмкіндік берді. Алтынның цементтелуі фильтрация шығындарының көп болуына байланысты көп еңбек сіңірді, сондықтан цементтеу әдісі сорбция әдісімен алмастырылды, оны тікелей ерітіндіден өткізуге болады.

Алтынды алудың сорбциялық технологиясының маңызды нүктесі - сорбенттің регенерациясы. Бұл операцияны жүргізген кезде ерітіндіден сорбцияланған алтынды тиімді десорбциялау ғана емес, сонымен қатар сорбентті қайта қолдану үшін бастапқы қасиеттеріне қайтару қажет. сорбция әдісінің экономикалық тиімділігіне қол жеткізіледі. Мысалы, «целлюлозадағы сорбент» сорбциялық сілтілеу цикліндегі АМ-2В маркалы ион алмастырғыш шайыр кем дегенде 30-40 циклға төзімді. Егер сорбент ерітінділерден (ал пульпадан емес) сорбциялау үшін қолданылса, онда ион алмастырғыш шайыр 100-ден астам сорбция-десорбция циклына төтеп бере алады. Сорбция технологиясында белгілі, уранды алу үшін ион алмастырғыш шайырларды қолдану, АМ-2В-ге ұқсас сорбенттер 150-200 циклдан астам бұзылмай қолданылған кезде [1].

Ионалмастырғыш шайырлардың пайдалану қасиеттерін жоғалтудың себебі механикалық әсер ету және сорбцияланған иондардың осмостық қысымының әсерінен жойылуы болып табылады. Үйінді алтынмен шаймалау кезінде негізгі деструктивті фактор қоспалардың жиналуы болған кезде сорбентке механикалық әсер аз болады.

Циклдардың айтарлықтай санына төтеп беру қабілеті ион алмасу шайырларын активтендірілген көмірмен жоғары бәсекеге қабілетті етеді.

Өсімдік шикізатынан алынған активтендірілген көміртектер (кокос қабығы негізінде) негізінен шетелде қолданылады [2]. Олар шайырларға қарағанда айтарлықтай төмен шығындармен (екі-үш есе) және регенерацияның арзан әдісімен ерекшеленеді. Бірақ көмірдің жетіспеушілігі мынада: сорбция-десорбцияның 8-12 циклынан кейін (және кейде одан да ертерек) олардың термиялық реактивациясы қажет. Бұл қымбат операция жанып кетуіне байланысты қайта белсендірілген көмірдің салмағын жоғалтудың үлкен мөлшерімен жүреді (30-40 % дейін).

Сондықтан, алтын гидрометаллургиясында ион алмастырғыш шайырларды регенерациялаудың арзан, тиімді әдісін іздеу - қолданыстағы шайырларды регенерациялаудың тиоуревра әдісі жеткілікті тиімді болып саналғанына қарамастан, кезек күттірмейтін міндет болып табылады.

Тиочевинаның жетіспеушілігі оның жетіспеушілігі мен қымбатшылығымен қатар, уыттылығында. Тиочевина үшін шекті мәндер цианидке қарағанда үш есе ауыр.

Гидрометаллургия, оның ішінде сорбциялық әдістердің экологиялық қауіпсіздігі туралы кең таралған пікірге қарамастан, оларды пайдалану кезінде бірқатар экологиялық проблемалар шешілмеген.

Гидрометаллургиялық схемаларды қолдану кезінде қоршаған ортаның ластануының негізгі себебі құрамында улы қосылыстары бар ағынды сулардың пайда болуы. Демек, әзірленіп жатқан гидрометаллургиялық схемаларға қойылатын міндетті талап - ағынды сулар көлемінің максималды төмендеуі және тұйық су айналымын ұйымдастыру.

Осылайша, қоршаған ортаны ағынды сулармен уландырмау үшін суды тұтыну көлемін шектеу қажет, ал қолданылған ерітінділер қайта пайдалануға толығымен қайтарылуы керек.

Бірақ жабық су айналымын кеңінен енгізу үшін айналымдағы ерітінділердегі шектеуші фактор - бұл қоспалардың мөлшерде көп жиналуы. Суды немесе реактивтердің сулы ерітінділерін қайта пайдалану үшін кедергі жасайтын компоненттерді жою әдістерін қолдану қажет. Көбіне дәстүрлі өңдеу схемаларын қолданған кезде шешімдерді дайындауға кететін шығындар өте үлкен. Сондықтан, көп жағдайда, өте тұзды ағынды суларды залалсыздандыру және ағызу көзделеді.

Суды тазарту және әдістер мен технологияларға арналған ерітінділерді дайындау құнын төмендету. физико-химиялық қасиеттері бар жаңаларын қолдану немесе құру қажет Кейбір реагенттер жинақталатын қоспалардан тазартудың құнын едәуір төмендетуі мүмкін. Жаңа реагенттер дәстүрлі түрде қолданылғаннан гөрі төмен болғанымен, регенерацияның арзан болуына байланысты су айналымының толық схемаларын қарастырған кезде қолайлы болуы мүмкін.

Жұмыстың мақсаты - АМ-2В сорбентінде алтынның десорбциялануының жұмыс істеу жағдайларын зерттеу және ерітінділер мен алмұрттарды қайталап қолданумен алтын сорбенттерді регенерациялаудың жаңа аз қалдықты толық жабық схемасын құру.

1 Аналитикалық әдебиеттерге шолу

1.1 АМ-2В анионитіндегі алтынның сорбциясы

Отандық алтын-цианидті комплексті цианидті ерітінділер мен целлюлозалардан іріктеп сорып алатын аниониттерден екіфункционалды АМ-2В аниониті ажыратылуы керек [4].

Алтынның сорбциялық экстракциясы үшін негізінен NR_2 типінің әлсіз базалық сипаттағы функционалды топтары мен NR_3 типінің күшті негіз топтарын қамтитын кеуекті құрылымды АМ-2В екі функционалды анион алмастырғышы қолданылды, мұндағы $R - CH_3$.

Жалпы айырбастау қабілеті [РОЕ] хлор ионына АМ-2В 3,2 мг эквиваль/г сәйкес келді, меншікті бетінің ауданы $32 \text{ м}^2/\text{г}$, негізгі кеуектердің орташа радиусы $\sim 100 \text{ А}$, масса тығыздығы $0,42 \text{ г/см}^3$, ісіну коэффициенті хлор түріндегі ионалмастырғыш 1.2. Сұйық фазасының құрамы келесі шектерде ауытқып тұратын руда целлюлозасынан алтынды алу кезінде АМ-2В сорбциялық сипаттамалары алынды [4], мг/дм^3 .

0,9-0,8 Au	2,4-6,5 Zn
4,0-5,7 Cu	0,3- 0,5 Co
0,1-0,5 Ni	80-100 CN
6,5-12,9 Fe	pH 9,5-10,5

Ионалмастырғыштардың селективтілігі алтынға ионалмастырғыш сыйымдылығының цианидті руда массалары мен ерітінділеріндегі алтынмен бірге жүретін негізгі қоспалар үшін ионалмастырғыш сыйымдылықтарының қосындысына қатынасы ретінде бағаланды.

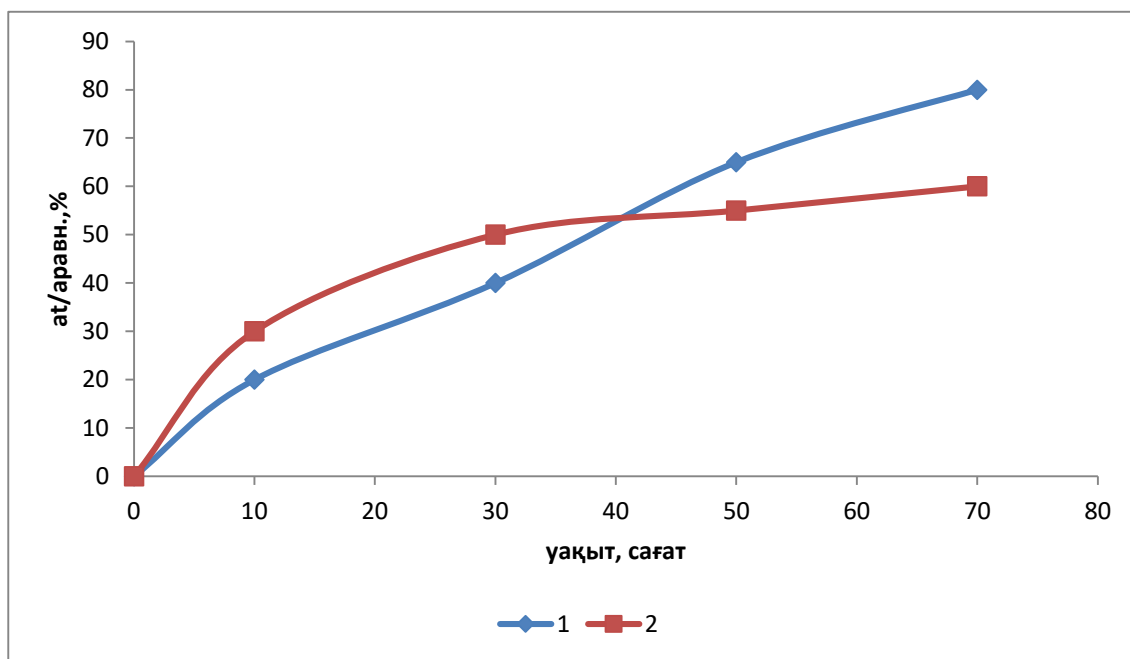
Анионит АМ-2В сорбиондық қабілеті бойынша басқа аниониттерден асып түседі және алтын-цианидті кешенді әлдеқайда таңдамалы сорбциялайды. АМ-2В аниониті АМ шайырының селективтілігінің алтынға салыстырмалы селективтілігі 6 есе жоғары (кесте 1).

Кесте 1 – Ионалмастырғыштардың сорбциялық сыйымдылығы және селективтілігі

Ион алмастырғыш маркасы	Сыйымдылығы, мг/г						Таңдау
	Au	Ni	Fe	Zn	Cu	Co	
АМ	5,7	1,8	27,8	6,4	21,3	1,0	0,10
АМ-2В	12,8	1,4	3,9	5,0	9,8	0,8	0,62

Алтын цианидті комплексті ионның және ілеспе негізгі металдардың сіңу жылдамдығын анықтағанда, алтынды алу кезінде тепе-теңдік күйге 50-60 сағат ішінде жететіндігі анықталды.

(1-сурет). Темірдің сорбциялық қабілеті тепе-теңдік мәніне АМ-2В анион алмастырғыш үшін 10 сағ, ал АМ анион алмастырғышта сорбция кезінде 20 сағ жетеді.

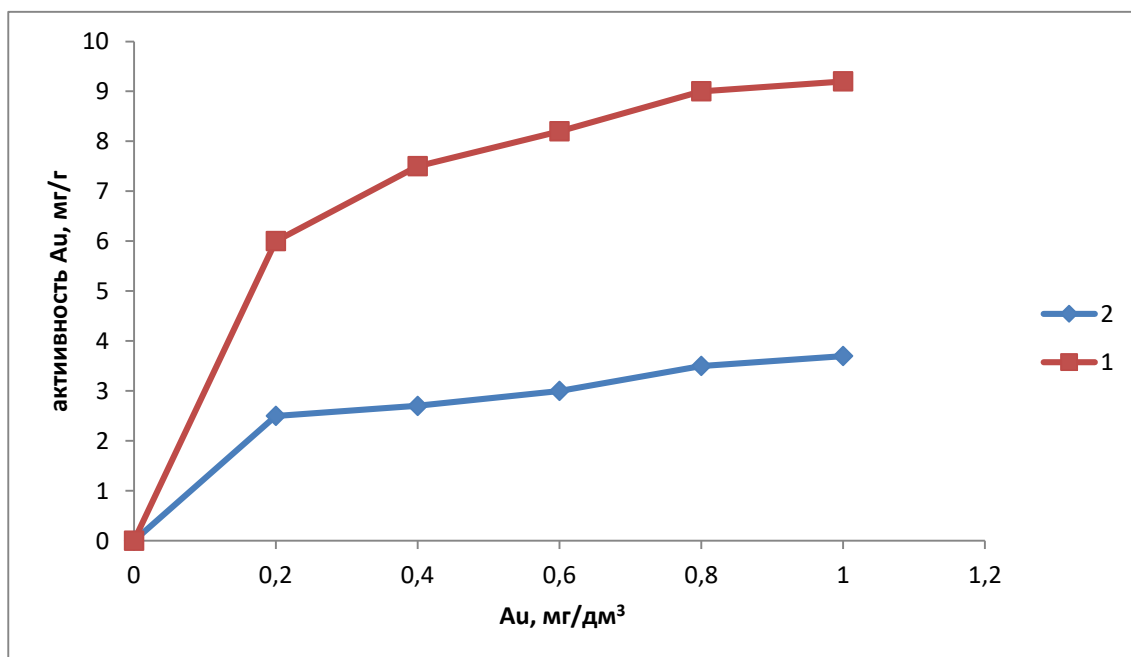


1 Сурет – Алтынның сорбциялану кинетикасы

Мырыш-циникалық кешен ионын АМ анион алмастырғыш баяу сіңіреді. Мыс пен никельді АМ және АМ-2В анионалмастырғыштары салыстырмалы түрде баяу сорып алады (мысқа қанықтылық 50 сағ, ал синергетикалық никель кешені 30 с).

Әдетте, алтынның сорбциялық экстракциясы бәсекелес қоспалардың жоғары концентрациясы кезінде құрамында алтыны аз ерітінділер мен суспензиялардан алынады. Қалдықтар целлюлозасының сұйық фазасындағы алтынның мөлшері $0,02-0,03 \text{ мг/дм}^3$ -ден аспауы керек, сондықтан сорбент алтынның бастапқыдан бастап қалдыққа дейінгі концентрациясы аралығында жоғары сіңіргіштік қабілетке ие болуы керек.

Салыстырылған анионалмастырғыштарда алтынның сорбциясы 60 сағат ішінде жүргізілді. Ионит АМ-нің зерттелген алтын концентрациясының барлық ауқымында АМ-2В-ге қарағанда төмен алтын сыйымдылығы бар (2-сурет).



2 Сурет – Алтынның сорбциялануының изотермасы

Алтынның тепе-теңдік концентрациясы $0,8 - 0,9 \text{ мг/дм}^3$ болған кезде және көрсетілген қоспаның құрамында АМ-2В анион алмастырғышының сыйымдылығы АМ ион алмастырғыштың сорбциялық қабілетінен 2 есе жоғары. Алтын аймағындағы кеуекті ионалмастырғыш үшін изотерманың тік көтерілуі ($0,1 \text{ мг/дм}^3$) осы ионалмастырғыштың алтынға қатысты селективтілігінің жоғары төмен концентрациясын көрсетеді және алтынның бос қалдық концентрациясын алуға мүмкіндік береді.

1.1 Алтынды алу кезінде ион алмасу шайырларының регенерациясы

Алтын сорбентте шоғырланғаннан кейін келесі маңызды технологиялық операция - сорбентталған алтынды алу (десорбция) және сорбентті қайта пайдалануға дайындау. Ион алмастырғыш шайырларды өңдеудің толық технологиялық циклі регенерация деп аталады.

Элюция ерітінділерінің барлық түрлері асыл металдарды десорбциялау үшін сыналды. Комплекс $[\text{Au}(\text{CN})_2]$ - кәдімгі қалпына келтіретін ерітінділердің көмегімен (натрий хлориді, аммоний хлориді, тұз және күкірт қышқылдары және басқа реактивтер) селективті емес, жартылай ғана жуылады [2].

Цианаттар жүйесі сілтілі элюент ретінде сыналды, оның ең перспективалысы оның оңтайлы концентрациясы 38 % аммиак тиоцианаты болды.

Сондай-ақ, алтын ацетон-цианогриннің, натрий тиосульфатының және басқаларының улы емес еріткіштері ретінде белгілі реактивтер тексерілді, бірақ оң нәтиже болмады [5].

Алтын технологиясында алтынның цианидті комплексін қаныққан аниониттерден десорбциялаудың бірнеше әдістері белгілі:

- минералды қышқылдармен араласқан органикалық еріткіштер (тұз қышқылы + ацетон, тұз қышқылы + спирт, тұз қышқылы + ацетальдегид);
- тио мочевинының күкірт қышқылы ерітінділері;
- нейтралды немесе сілтілі роданид ерітінділері;
- мырыш цианидінің ерітінділері;
- полисульфидтердің ерітінділері.

1.2.1 Алтынның бейтарап немесе сілтілі роданид ерітінділерімен десорбциясы

Роданид ерітінділерімен алтынды десорбциялаудың негізі - тиоцианат немесе цинк цианиді аниондарының сорбентке жоғары аффинділігі және олардың жоғары концентрацияда басқа сорбцияланған аниондарды ығыстыру қабілеті.

Рудалар мен ерітінділерден бағалы металдарды алудың сорбциялық технологиясында аниониттердің регенерациясының қышқыл-негіздік схемалары өзін-өзі дәлелдеді. Жақында, әсіресе қышқыл элюенттері қолайсыз болатын ферромагниттік сорбенттердің пайда болуымен, тиоцианатты регенерациялау әдістеріне қызығушылық аз, бірақ аз және селективті болса да, болашақта анағұрлым үнемді әрі үнемді болып, тиокарийді аммоний тиоурейасымен алмастыруға мүмкіндік береді құны [3].

Ионалмастырғыштардың тиоцианатты регенерациялау схемалары айтарлықтай артықшылықтарға ие бола отырып, тиоцианат ионының сорбция процесіне және судың айналуына кері әсер етуімен байланысты бірқатар кемшіліктерге ие.

Сызықтық CNS^- анионының анионалмастырғыштарға жақындығы Cl^- , OH^- , CN^- , NO_3^- , иондарының ғана емес, сонымен қатар $Fe(CN)_6^{3-}$, $Co(CN)_6^{3-}$, күрделі октаэдрлік аниондарының аффинизмінен асып түседі, және $Ni(CN)_4^{2-}$ квадраты. Сондықтан оның репрессивтік әсері түсті және ауыр металдардың еріген қоспаларының әсерінен едәуір күшті болуы мүмкін.

Сол себепті ион алмастырғышты аммоний тиоцианатымен регенерация кезінде ОЖЖ түрінде қайта зарядтау асыл металдардың сорбциясының нашарлауына, тиімділігінің төмендеуіне және алтын мен күмістің жоғалуының артуына әкелуі мүмкін. қалпына келтірілген шайырмен жұмыс кезінде целлюлозаның сұйық фазасы.

Жалпы цианид концентрациясы 5-7 г/дм³ болатын мыс, мырыш, темір және басқалардың улы қосылыстарымен байытылған құрамында аммоний

тиоцианаты бар ($100-200 \text{ г/дм}^3$) элюаттарды қайта өңдеу және тазарту мәселесі маңызды емес.

1.2.2 Мырыш цианидінің ерітінділерімен десорбция

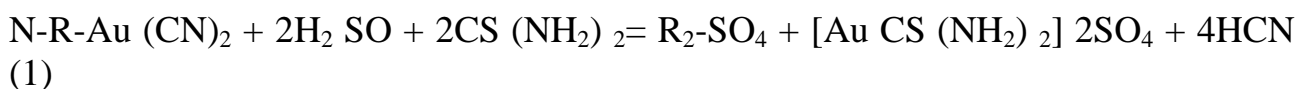
Оңтүстік Африкада қатты негізді шайырларды элюциялаудың перспективалы және салыстырмалы түрде арзан әдісі сыналды, ол қаныққан шайырды мырыш цианидінің ерітіндісімен өңдеуге негізделген. $\text{Zn}(\text{CN})_4^-$ кешені шайыр фазасындағы алтын-цианидті $\text{Au}(\text{CN})_2^-$ ауыстырады, ол өз кезегінде элюция ерітіндісінен тұйықталған тізбектегі электролиз арқылы үздіксіз алынады. Элюциядан кейін шайыр цианид мырышымен қаныққан және оны сорбциялық сілтілеу тізбегіне оралмас бұрын қалпына келтіру керек. Регенерацияның қарапайым тәсілі - шайырды сұйылтылған қышқыл ерітінділерімен өңдеу, онда цинк мырыш кешені бұзылады.

Сынақтарда шайыр күкірт немесе тұз қышқылымен реакторда мұқият жылжытылды. рН 2 кезінде шайырдағы Zn мөлшері 4-8 сағат ішінде 100000-нан 100 г/т-ға дейін азайды.

Пайдалану шығындары бойынша қаныққан шайырларды өңдеу схемаларын салыстыру мырыш-цианиді схемасы ең арзан, ал құны бойынша келесі орын тиоуревра схемасы екенін көрсетті.

1.2.3 Сорбентердің тиоуревидті ерітінділермен регенерациясы

ТМД елдерінің кәсіпорындарында реакцияға сәйкес катионды кешендер түзіле отырып, тиоуревинаның артық мөлшерімен қышқыл ортада алтынның анионды цианидті комплекстерін жоюға негізделген алтынды тиоуревия ерітінділерімен десорбция әдісі қолданылады:



Ең тиімді десорбентті қышқылдық ерітінділер тиореалар (8-9 % $\text{CS}(\text{NH}_2)_2$ және 2,0-2,5 % күкірт немесе тұз қышқылы) [3].

Тиомочевинаның төмен концентрацияларында да (4,5-6,0 %) алтынның толық қалпына келуін алуға болады, дегенмен, бұл жағдайда бастапқы шайырдағы мыс мөлшері 3-5 мг/т аспауы керек, өйткені ерітіндідегі мысдың жоғары концентрациясы алтынның толық емес десорбциясы.

Алтынды элюциялау процесінде тиоуревидті қышқыл ерітінділері, әдетте, салыстырмалы түрде аз мөлшерде (5 мг/т аспайды), мыс - толығымен, мырыш және темір - нашар.

Температураның жоғарылауымен тио мочевинаның қышқыл ерітінділері алтынның десорбция процесін едәуір жеделдетеді. Алайда термиялық

аниониттерге байланысты емес, тұрақсыздық үшін 60°C - тан жоғары қыздыру ерітінділері орынды емес. Қаныққан шайырларды қышқылмен алдын-ала өңдеу алтынның қышқыл тиоуревра ерітінділерімен десорбциясын едәуір жақсартады, элюенттің бірінші көлемінің қышқылдығын алып тастайды. CN^- ионы және қоспалардың бөлігі.

Тиочевинаның регенерациясы үшін бірқатар әдістер ұсынылды, олар жеткіліксіз тиімді болды [3]. Атап айтқанда, қоспалардың жинақталуынан болатын элюаттар мәселесі шешілмеген, ұсынылған тазарту әдістері қымбат (улы) реагенттерді қолданады, және оның ыдырауына байланысты реактив жоғалады.

Тиоцианат ерітінділері аз селективті алтын десорбенттері болып табылады; сызықтық анионның CNS^- жақындығы. анионалмастырғыштар үшін Cl^- , OH^- , CN^- , NO_3^- жақындығынан асады; Сондықтан оның басғыш эффектісі түсті және ауыр металдардың еріген қоспаларының әсерінен әлдеқайда күшті және нәтижесінде, асыл металдар сорбциясының нашарлауына, тиімділіктің төмендеуіне әкелуі мүмкін.

а) Металл қоспаларын анионалмастырғыштардан тазарту мәселелері.

Алтынды арнайы элюенттің ерітінділерімен (тиоуревра, ацетон және т.б.) десорбциялау кезінде қоспалардың бір бөлігі анион алмастырғышта қалады, бұл сорбцияның нашарлауына, тиімділіктің төмендеуіне және алтынның ұлғаюына әкелуі мүмкін қалдықтар целлюлозасының сұйық фазасымен шығындар.

Ион алмастырғыштарды циркуляцияда, сорбциялық-десорбциялық циклде сәтті қолдану үшін сорбцияланған компоненттерді шайыр фазасынан толығымен алып тастау қажет.

Темірді $80 \text{ г/дм}^3 \text{ Na NO}_3$ ерітіндісімен немесе $80 \text{ г/дм}^3 \text{ NH}_4 \text{ NO}_3$ қоспасымен десорбциялайтындығы анықталды; және $7 \text{ г/дм}^3 \text{ NH}_4\text{OH}$. Концентрацияланған цианидті ерітінділер ($40\text{-}60 \text{ г/дм}^3 \text{ Na CN}$) темірдің десорбенттері болып табылады. Құрамында $230\text{-}350 \text{ г/дм}^3$ болатын $\text{NH}_4 \text{ CNS}$ ерітінділерімен толықтай қалпына келуге болады? реактив. Барлық жағдайда десорбция процесі элюенттер температурасының жоғарылауымен жеделдейді.

Мырыш пен никельді күкірт (20 г/дм^3), тұз немесе азот (10 г/дм^3) қышқылдарының ерітінділерімен толығымен кетіруге болады. Десорбент температурасының жоғарылауы мырыштың элюциясының параметрлеріне айтарлықтай әсер етпейді, мыстың және темірдің ассоциацияланған жоғары қалпына келу мүмкіндігі. Соңғысының толықтығы элюенттің көлеміне де байланысты, ал мырыштың негізгі мөлшері ерітінділердің алғашқы бес көлемімен десорбцияланады.

Мырыш пен күкірті бар қосылыстарды сілтілік ерітіндімен ($40 \text{ г/дм}^3 \text{ NaOH}$) селективті десорбциялау әдісі ұсынылды. Мыстың цианидті комплекстері концентрацияланған цианид ерітінділерінің шайырынан ($40 \text{ г/дм}^3 \text{ NaCN}$), тиоцианатты еріткіштерден ($230\text{-}250 \text{ г/дм}^3 \text{ NH}_4 \text{ CNS}$), тиоуревраның қышқыл ерітінділерінен десорбцияланады.

б) Алтын сорбенттерін сілтілі қалпына келтіру схемаларының болашағы.

Алтын сорбенттерге арналған бейтарап және сілтілі элюентті ерітінділерді қолдану өте перспективалы болып көрінеді. Сорбентті регенерациялаудың неғұрлым жұмсақ, жұмсақ режимінің арқасында қызмет мерзімі айтарлықтай артады.

Ион алмастырғыш шайырлардың бұзылуына не себеп болатындығы белгілі:

- сыртқы механикалық қажалу;
- сорбент түйіршіктерінің ішіндегі осмостық күштер мен механикалық кернеулер әсерінен жарықтар.

Ион алмасу тәжірибесі көрсеткендей, сорбент түйіршіктеріндегі физика-химиялық түрленулер негізгі деструктивті фактор болып табылады. Мысалы, қаныққан сорбентті қышқылмен өңдеу кезінде түйіршіктер ішінде күрделі цианидтердің, кремний мен алюминий қосылыстарының қатты түсті тұнбалары түзіледі. Тиорея мочевинасының қышқыл ерітінділерімен емдеу және түйіршіктер ішіндегі механикалық кернеулердің тиоуреврасының едәуір мөлшерінің жоғарылауымен бірге жүреді. Сорбентті кейінгі сілтілі өңдеу оның ең жоғары кернеулерде қысылуына және крекингіне әкеледі. Осылайша, сорбенттің қызмет ету мерзімін арттыру үшін сілтілік регенерация схемаларын қолданған жөн [3].

Сонымен қатар, жібек схемаларының келесі артықшылықтары бар:

- ион алмастырғышты қоспа қосылыстарынан (тиоуревралық десорбция схемасын қолдану кезінде жеткіліксіз шығарылатын кобальт, мырыш) тиімдірек тазарту;

- қышқыл технологиясын пайдалану алынып тасталады, бұл коррозияға төзімділігі төмен (және сәйкесінше, арзан) жабдықты пайдалануға мүмкіндік береді;

- улы гидроциан қышқылының шығуы алынып тасталынады, қуатты қоректендіру мен пайдаланылған желдетудің қажеті жоқ.

1.3 Ерітінділерден алтынды цементтеу арқылы алу

Кәдімгі рудаларды цианизациялау кезінде алтынды практикалық өндіруде және кен жобаларында алтынды ерітінділерден алу мәселесі қатты сіңірілген сорбенттерге сорбция әдісі немесе металды мырышқа цементтеу арқылы дәлелденген.

Арық ерітінділерден алтынды алу үшін кеңінен қолданылатын сорбция әдісі көп сатылы жұмыс, ымырасыздық, жоғары капитал мен пайдалану шығындары болғандықтан бай ерітінділерді өңдеуге жарамсыз.

Кейбір жағдайларда тартымды болатын электролиттік әдістің даусыз артықшылықтары бар (балқуға жарамды катодты бай шөгінділер алу мүмкіндігі, ерітінділердің жанама өнімдермен ластанбауы, аз мөлшердегі

ерітінділерді өңдеу мүмкіндігі). Оларға алтыннан тазартылған ерітінділердегі қоқыс концентрациясына қол жеткізу мүмкін еместігі кіреді, бұл оларды процестен шығаруға жол бермейді немесе бақылаудың күлдендірудің қосымша кезеңін талап етеді. Сонымен қатар, электролиз жабдықтары көлемді, қымбат және білікті мамандардың күтіміне мұқтаж. Тұрақсыз электрмен жабдықтау жағдайында электр қуатының кез келген, тіпті қысқа мерзімді өшуі электролиз процесінің бұзылуына және еріген алтынның жоғалуына әкелуі мүмкін.

«ИрГИредмет» ААҚ құрамында цементтеуге негізделген құрамында алтыны бар бай ерітінділерді өңдеудің тиімді әдістері мен әдістемелері әзірленді. Қиыршық түрінде металды цементтейтін заттарды (мырыш, алюминий және олардың қорытпаларын) қолдану тәулігіне 2-20 м³ ерітінділерді өңдеуге жарамды шағын өлшемді қондырғылар жасауға мүмкіндік берді, яғни. әдетте бай концентраттарды цианизациялаудан алынған мөлшер.

Металл цементтеу агентімен жанасқан, өте дамыған беті бар өткізгіш материалды (көміртекті-графитті соққы) пайдалану есебінен карбюризация процесінің тиімділігін күрт арттыруға мүмкіндік туды. Бұл жағдайда графиттелген соққылар қосымша катодтың рөлін атқарады, оларда анод, электрондардың цианидті комплексі түзетін электрондар ассимиляцияланады. Графиттелген соққылардың үлкен беткі қабаты болғандықтан, катодтық процесс токтың тығыздығы өте төмен деңгейде жүреді, бұл күлді дерлік тазартумен (алтынның соңғы концентрациясы) құрамында алтын мөлшері жоғары (70-90 %) цемент шламын алуға мүмкіндік береді. әдетте 0,10-0,20 мг/дм³ аспайды).

Анодтық процесте ток тығыздығының жоғары болуына байланысты металл цементтеу құралы толығымен және негізінен карбюрлеу үшін тікелей жұмсалады - мырыш шығыны 1 г асыл металдарға 0,5-1,0 г құрайды. Процестің тағы бір артықшылығы - металдарды олардың стандартты потенциалдарына қатаң сәйкестендірудің таңдамалылығы. Соңғы жағдай цианидті ерітінділерден алтынды іріктеп алу мүмкін емес. Осылайша, жоғары технологиялық параметрлермен карбюризация процесі жабдықтың ықшамдылығымен, қарапайымдылығымен және оған қызмет көрсетумен сипатталады.

Қазіргі уақытта өте қымбат реагент - графиттелген соққы - тұтынуды азайту үшін 5000-20000 мг/дм³ алтын алу үшін цементті шламды цианизациялауды, құрамында супер бар қайталанатын ерітінділерді қарастыратын оны қалпына келтіру әдісі жасалған. - құймаға балқытылатын бай өнім, алтын, электрохимиялық қайта тұндыру.

Карбюризацияның екінші тиімді нұсқасы - мырыш немесе алюминий жоңқаларын пайдалану. Процестің аппараттық дизайны түбі конус тәрізді ашық түтікшелі корпус түрінде жасалған. Аппараттың төменгі бөлігінде шөгінділер мен үгінділерді бөліп тұратын бір немесе бірнеше дренаждық торлар орнатылған, олардың астында ерітінділер беруге арналған құбыр, конустық түбінің төменгі бөлігінде цемент шөгінділерін эвакуациялауға арналған құбыр бар. Бұрын жеткізілген бөліктер тұтынылғандықтан,

цементтейтін металдың жоңқалары жоғарыдан батырылады, ал алтынсыз ерітінді сол жерден алынады.

Аппаратта алтынды цементтеудің әдеттегі процесі жүреді, ал алтынның ең қаныққан жоңқалардың төменгі қабаттары және максималды жауын-шашын «әлеуеті» бар жоңқалардың жоғарғы, жаңа қабаттары ең аз сарқылған қалдық ерітіндісімен байланысқа түседі. Чиптер мен ерітінділердің автоматты түрде қарсы ағынын жүзеге асыру, бір жағынан, цементтеуіш металды аз жұмсап, алтынға бай тұнбалар алуға мүмкіндік береді, ал екінші жағынан, алтынды қалпына келтіру деңгейінің қолайлы индикаторларын қамтамасыз етеді. Бір кезеңде 90-95 %. Тазартылған ерітінділерді айналымда қолдануға болады немесе күлді бақылаудан өткізгеннен кейін (мысалы, цементтеудің немесе сорбцияның екінші кезеңі) залалсыздандыру үшін процестен алып тастауға болады.

Бұл карбюраторлық опцияның артықшылығы - бұл өте төмен капитал және пайдалану шығындары, төмен техникалық қызмет көрсету, сенімділік, сыртқы жағдайларға тәуелділіктің болмауы және жақсы технологиялық көрсеткіштер [13]

1.4 Электролиттік алтынды алу

Алтын гидрометаллургиясының маңызды мәселелерінің бірі оны кендерді сілтілеу кезінде және технологиялық процестің кейінгі кезеңдерінде көп мөлшерде алынатын сұйылтылған ерітінділерден алудың ұтымды әдістерін іздеу болып табылады. Электролиз металдарды ерітінділерден бөлудің ең перспективалы әдісі екені анық. Сонымен қатар, металды қажет ететін жеткілікті таза түрде оны одан әрі өңдеуге минималды шығындар алуға болады, процесс реагенттерді қолдануды қажет етпейді, бұл тәуелсіз маңыздылықтан басқа, есептерді шешуді жеңілдетеді өндірістік шешімдер айналымы және қоршаған ортаны қорғау, автоматтандыруға оңай жол беріп, өндіріс мәдениетін арттырады.

Алайда, металдарды сұйылтылған ерітінділерден қалпына келтіру үшін электролизді кеңінен қолдануға, металда цементтеуге немесе химиялық қалпына келтіруге қажет жабдықпен салыстырғанда, әдетте технологияда қолданылатын тегіс электродтары бар электролизерлердің меншікті өнімділігі төмен болды.

Дайын өнімді алудың электролиттік әдісі ең тиімді және тиімді негіз болып көрінеді. Тиорея мочевина ерітінділерін электролиздеудің теориялық негіздері зерттелді [14]. Басқа әдеби деректерден [15] электролиз процесі анод пен катод кеңістігін кеуекті бөлімдермен бөлу арқылы жүргізілуі керек екендігі белгілі, бұл қымбат реагент тиоуреврадасының анодтық тотығуын болдырмауға мүмкіндік береді. [16,18] авторлары технологиялық алтынды кеуекті қалқан

ретінде анионалмасу мембраналарын электролиттік экстракциялаудың артықшылықтарын қолдана отырып атап өтеді.

Өте перспективалы әдіс - графитті соққыларда асыл металдардың электродопозициясы. ЦНИГРИ-де егжей-тегжейлі зерттелген қаныққан шайырды тиоуревинаның қышқыл ерітінділерімен электрлік қалпына келтіру әдісі ұсынылды. Бұл жұмыста [9, 17] электрлік параметрлердің өзгеруі электролитті 40-50 °С дейін қыздырғанда ұзақтығы азаятын алтынның элюция процесінің жылдамдығына шамалы әсер ететіндігі көрсетілген. электролюция, түсті металдар электролиттер толығымен жоғары концентрацияға дейін жинақталады және ерітінділердің десорбция қабілетін төмендетеді. Таза электролиттерді алу үшін түсті металдарды электроэлюция әдісімен алу қажет.

Процесс электролитті мембраналық сорғы жасушасынан шайырдың элюциясы бағанасы арқылы айдауды қамтиды. Ерітінділер бағанға тиелген шайыр партиясынан алтын сорылғанға дейін жүйе арқылы айналады.

Бұл дизайнда процесс алтынның десорбциялануынан динамикалық режимде алтынды электрохимиялық тұндырудан кейін коммерциялық реагенттерден шайырды қайта өңдеудің статикалық шарттары, электролизердің құрамында алтын мөлшері аз және жоғары циркуляция жылдамдығы бар ерітінділермен ерекшеленеді.

2 Эксперименттік бөлім

Тәжірибелік мәліметтер негізінде натрий перхлоратын элюция ерітіндісі ретінде қолдану мүмкіндігі қарастырылды. Ақпарат көздерінен белгілі, СЮ перхлораты анионалмастырғыштардың функционалдық топтарына жоғары аффинділікке ие және ион алмастырғыштың функционалдық топтарымен байланысқан алтынның цианидті кешендерін ығыстыруға қабілетті болуы мүмкін [6]. [7] -де авторлар алтынның натрий перхлоратының сілтілі ерітінділерімен десорбциясын жүргізуді ұсынады.

Біз элюент ретінде осы концентрациядағы әр түрлі реактивтің ерітінділерін қолдандық.

2.1 Тәжірбие әдістемесі

Алтын және металл қоспаларының цианидті комплекстерінің (Fe, Cu, Zn, Ni) АМ-2В анионитінен десорбциясы анионитті араластыра отырып термостатталған әйнекте жүргізілді. Араластыру магниттік араластырғышпен жүзеге асырылды. Анионитті аршу ерітіндісімен араластыру уақыты 1,5 сағатты құрады. Бұл уақыт ион алмасу тепе-теңдігіне жету үшін жеткілікті болды. Алдын ала белгіленген уақыттан кейін элюат шығатын клапан арқылы ағызылды, толық ағызылғаннан кейін элюция ерітіндісінің жаңа бөлігі берілді. АМ-2В маркалы шайырдан алтынның десорбциясы статикалық жағдайда жүргізілді.

Десорбция элюаттың соңғы бөлігіндегі метал концентрациясы 10 мг/дм^3 төмендегеннен кейін тоқтайды, бұл цианогендік комплекстер аниондарының перхлоратты анионмен ығыстырылуының аяқталуын көрсетеді.

Сорбент пен элюенттің көлеміне қатынасы таңдалды - алдын-ала мәліметтер бойынша Ван/Вел-1:1,5. Алтынның элюциясы 50°C температурада, элюция ерітіндісін мезгіл-мезгіл алмастыра отырып жүргізілді. Натрий перхлоратының концентрациясы 200 г/дм^3 құрады.

Алтын мен қоспалардың десорбциясының кинетикасы статикалық жағдайда зерттелді. Белгілі бір концентрациядағы элюция ерітіндісінің бір бөлігі термостатталған стаканға құйылды, ерітінді төменгі температураға дейін қыздырылды. Содан кейін ерітіндіге алтынмен қаныққан сорбенттің белгілі бір көлемі құйылады. Белгіленген уақыт аралықтарында ерітіндідегі алтын концентрациясы тұрақты болғанға дейін алтынның құрамын анықтау үшін элюаттан ерітіндінің сынамалары алынды. Перхлорат анионының концентрациясы 10 г/дм^3 болатын перхлоратты ерітінділер қолданылады. Элюция процесінің температурасы $15, 25, 35, 45^\circ\text{C}$ құрайды. Алтын құрамын анықтауға арналған ерітінділердің үлгілері әр 30 минут сайын алынды.

Қаныққан аниониттің перхлоратты элюциясы ерітінділерінен алтынды электролиз әдісімен алтын өндіруде кеңінен қолданылатын электрохимиялық әдіспен бөліп алуға болады.

Қаныққан аниониттің перхлоратты элюциясы ерітінділерінен алтынды электролиз әдісімен алтын өндіруде кеңінен қолданылатын электрохимиялық әдіспен бөліп алуға болады.

Электролиз екі камералы мембраналық электролизерде жүргізілді, ваннадағы кернеу 5 В болды. Катодит құрамында перхлорат-алтын бар ерітінді болды, ал анолит 10 г/дм³ концентрациялы сілтілі болды », алтын мен металл қоспаларын анықтау үшін әр 30 минут сайын периодты сынамалар .

Цементтеу процесі келесідей жүргізілді.

NaClO - 75 г/дм³ және NaCl - 150 г/дм² ерітінділерінің қоспасы дайындалды. Алтынның концентрациясы 50 мг/дм³ Дайындалған ерітіндіге қосылды.

Содан кейін 1 грамм алюминий үгінділері өлшенді, содан кейін алюминийден тотыққан пленканы кетіру үшін сода ерітіндісіне салыңыз.

Құрамында алтын бар ерітіндіге алюминий жоңқалары қосылды және қатты араластырылды. Араластырудың ұзақтығы 4 сағат, ерітіндінің температурасы 35 °С, 30 минут сайын сынамалар алынды, ерітіндінің көлемі 400 см³.

2.2 Талдау әдістері

2.2.1 Атомдық-сіңіру анализі

Атомдық-абсорбциялық спектроскопия - бос атомдармен сәулеленуді сіңіруге негізделген элементтерді анықтаудың аналитикалық әдісі.

Анықтау барысында талданатын үлгінің бір бөлігі атом буына (аэрозоль) айналады, анықталатын элементке тән осы будың сәулеленуі жұтылады. Атом буы талданатын заттың ерітіндісін жалынға бүрку арқылы алынады. Бұл жағдайда атомдардың кішкене бөлігі жалынмен қозады, олардың көпшілігі негізгі күйінде қалады. Плазмада бос күйде болатын элементтің қоздырылмаған атомдары әр элемент үшін анықталған толқын ұзындығына тән резонанстық сәулеленуді сіңіреді. Нәтижесінде атомның оптикалық электроны жоғары энергетикалық деңгейге ауысады және сол уақытта плазма арқылы берілетін сәуле әлсірейді.

Резонансты сәулеленуді қолдану бұл процесті өте таңдамалы етеді. Әдістің жеткілікті сезімталдығы бар. Бұл әдістің қателігі де айтарлықтай жоғары және 1-5 % құрайды.

Тұтастай алғанда, атомдық адсорбция анализі тар эмиссия сызығының қоздырылмаған күйде және тар жұтылу шыңына ие атомдармен жұтылуын

тіркейді. Сондықтан, бұл әдіс жоғары селективтіліктен басқа, іс жүзінде спектралды жұмсақ әсер етпейді.

Жоғары сезімталдық пен селективтіліктің арқасында әдіс аз мөлшерде заттармен жұмыс істеуге мүмкіндік берді.

2.3 АМ – 2В анион алмастырғышта алтынның десорбция жағдайларын натрий перхлораты ерітінділерімен зерттеу

Цианидті металл кешендерінің десорбциясы екі түрлі жолмен жүзеге асырылды:

– құрамы 100 - 200 г/дм³ натрий перхлоратының концентрацияланған ерітінділерімен сорбцияланған барлық металдарды ұжымдық десорбциялау;

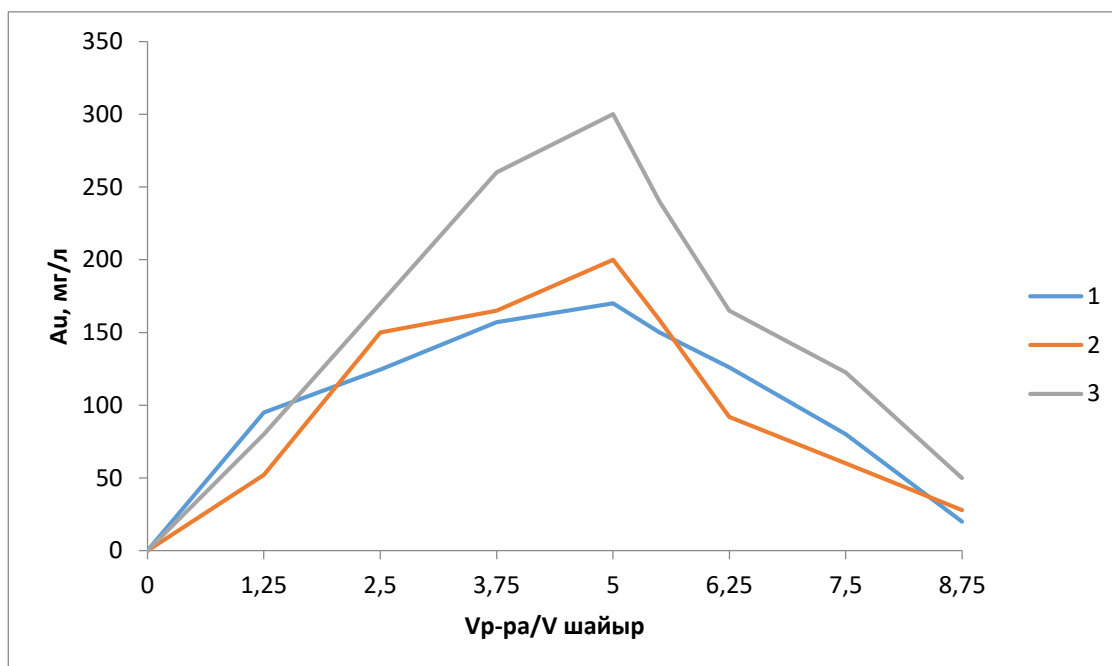
– түрлі-түсті металдар мен алтынның натрий перхлоратының әр түрлі концентрациясы бар ерітінділерімен селективті десорбциясы.

2.3.1 Түсті металдарды ұжымдық десорбциялау

Ұжымдық десорбция үшін концентрацияланғандары 50 °С температурада 150-300 г/дм³ құрамындағы перхлорат анионы бар элюентті ерітінділерде қолданылды. Элюаттардың алғашқы бөліктеріндегі алтынның концентрациясы 170 г/дм³-ге жетті және барлық жағдайларда 100 г/дм³-ден асты.

3-суретте 50 °С температурада 170, 200, 300 г/дм³ концентрациясы бар натрий перхлораты ерітінділерімен алтын элюциясының қисықтары көрсетілген.

Элюаттардағы алтынның алынған концентрациясы өндірістік практикада әдеттегідей электролиз әдісімен алтынды табысты алу үшін жеткілікті. Алынған мәліметтер перхлоратты анион концентрациясының төмендеуі элюаттағы алтын концентрациясының төмендеуіне әкелетіндігін көрсетеді.



3 Сурет – Натрий перхлораты ерітіндісімен алтын элюциясының қисығы

Перхлоратты анион концентрациясы 300 г/дм^3 ерітінділерді қолданған кезде алтынның десорбциясы 10-12 көлемді ерітіндімен жуылғаннан кейін аяқталады, элюция процесі сәйкесінше 18 сағат бойы жүргізілді. Перхлорат - аниондарының концентрациясының төмендеуімен элюцияның ерітінділерінің көлемінің ұлғаюына сәйкес элюцияның ұзақтығы өседі. Элюция аяқталғаннан кейін анионалмастырғыштардың өлшенген бөліктерін дистилденген сумен жуып, металдың құрамына талдау жасады.

Бастапқы қаныққан анион алмастырғышта алтын мөлшері $3,5 \text{ мг/г}$ құрады, десорбциялау процесі аяқталғаннан кейін, сорбенттегі алтынның мөлшері $0,3 \text{ мг/г}$ құрады (2-кесте).

2 Кесте – Алтын мен қоспалардың десорбциясы нәтижелері

Элемент мөлшері, мг/г	Au	Co	Ni	Fe	Cu
қаныққан сорбенттер	3,5	4,7	0,6	1,8	4,6
Десорбциядан кейін	0,3	0,37	0,05	0,16	0,04

Перхлорат ерітінділерінің қоспаларға қатысты жоғары тиімділігі элюенттің концентрацияланған ерекшеліктерімен үйлесімінде құрамында алтын бар шайырды таңдамалы регенерациялау үшін қолдануға болады.

Қоспалардың десорбциясы статикалық жағдайда сорбентті мезгіл-мезгіл жуу арқылы жүргізілді; элюенттің бөліктері мен сорбенттің көлеміне қатынасы 1: 1 болды. 3-кестеде алынған элюаттағы металдың мөлшері көрсетілген.

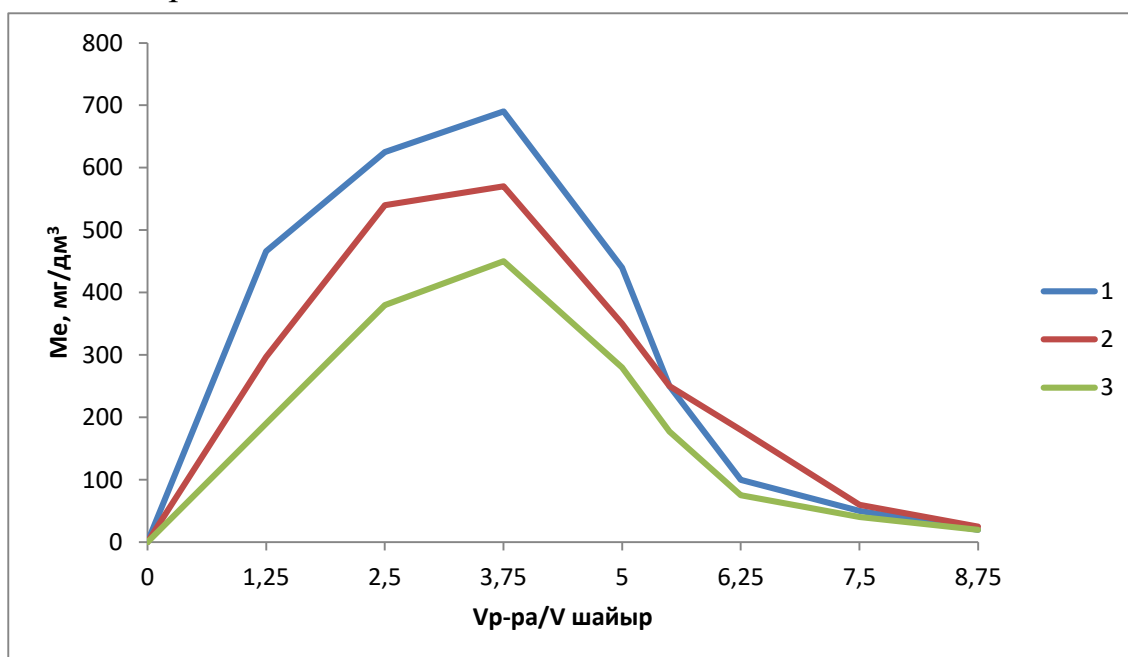
3 Кесте – Негізгі металдарды перхлораттың сұйылтылған ерітінділерімен десорбциялау көрсеткіштері

Элемент	Элюат бөліктеріндегі элемент құрамы, мг/дм ³						
	1	2	3	4	5	6	7
Fe	194	571	194	71	32	5,8	1,5
Cu	38	272	253	155	84	38	15
Ni	3,1	31	31	38	38	31	15

Алынған мәліметтерден көрініп тұрғандай, натрий перхлоратының сұйылтылған ерітінділері, әсіресе темір мен мысқа қатысты, элюттің өте жоғары қабілетін көрсетеді. Сонымен бірге сұйылтылған ерітінділер алтынды аздап десорбциялайды (3-кесте). Осы қайта бөлу кезінде алтынмен шартты алтынның шығыны тиоуревра және тиоцианат схемаларымен өндіру деңгейінде болды. Перхлораттың сұйылтылған ерітінділерінен алтынды алу цементтеу арқылы мүмкін болады.

Регенерациядан кейін анион алмастырғыштағы қоспа металдардың жалпы мөлшері 1,5 мг/дм³-ден аз болды, бұл тиоуревраны элюент ретінде қолданған кезде қол жетімді емес.

4-суретте қоспалардың десорбциялық қисықтары көрсетілген, мұнда аммоний тиоцианаты тиімді элюоттенетіндігі көрсетілген мыс, темір сияқты аралас қоспалар.



4 Сурет – Қоспаның десорбция қисықтары

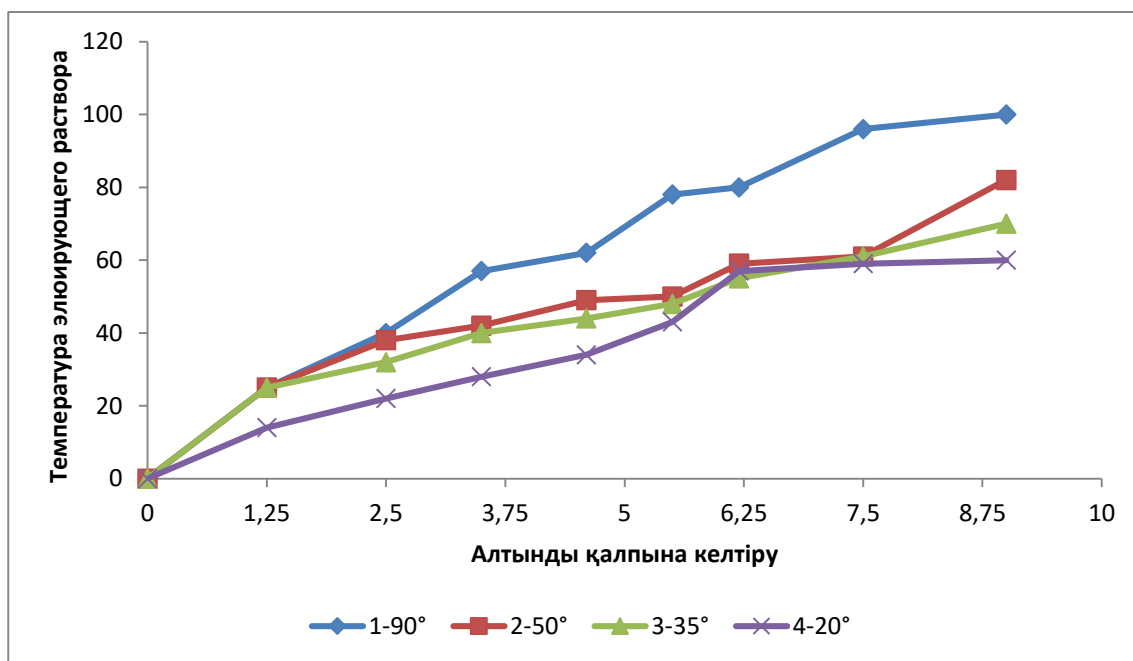
2.3.2 Температураның алтынның десорбциясын қалпына келтіруге әсері

Алтынның перхлоратты десорбция процесінің ерітінділерінен анионит температурасының алтынның бөліну дәрежесіне қаныққан элюциямен әсері анықталды.

Элюентті ерітінділердің температурасын жоғарылату арқылы концентрацияланған элюентті реагентке қол жеткізуге болады. Тиісінше, процестің экономикалық көрсеткіштерін жақсарту үшін қалпына келтіруді сақтай отырып, алтынның жоғары дәрежесін алуға болады.

Тәжірибелер кәдімгі элюциямен бірдей, бірақ кең температура диапазонымен жүргізілді. Алтынның десорбция көрсеткішіне келесі температуралардың әсері зерттелді: 20, 35, 50, 90.

5-суретте алтынды қалпына келтіру дәрежесінің элюция ерітіндісінің температурасына алынған тәуелділігі көрсетілген.



5 Сурет – Алтынның бөліну дәрежесі

Кейбір әдеби көздер десорбция процесінің жоғары температурасы (60 °C- тан жоғары) жағымсыз екендігін көрсетеді, өйткені бұл температурада аниониттердің өзі жылу тұрақсыздығынан ыдырай бастайды [8].

Тәжірибелер барысында біздің бақылауларымыз бойынша, перхлорат ерітінділерімен десорбция процесін сорбентті бұзбай, жоғары температурада жүргізуге болады. Алтын металдар қоспаларын десорбциялау 90 °C

температурада 200 г/дм^3 концентрациясы бар натрий перхлораты ерітіндісімен жүргізілді.

Алтынды десорбциялауды 20°C температурада жүргізген кезде қалпына келтіру коэффициенті 12% -дан 1-ге дейінгі сорбенттен тұратын элюентті ерітінді мөлшерімен 73% құрады. Элюаттың ерітінділерінің мөлшерін көбейту арқылы осы температурада алтынның қалпына келу дәрежесін арттыру мүмкін емес, өйткені элюаттың соңғы бөліктеріндегі алтын мөлшері 30 мг/дм^3 -тен аз және алтынның десорбциясы іс жүзінде тоқтайды.

Алтынның ерітіндіге түсу дәрежесі температура 35°C дейін жоғарылаған сайын жоғарылайды. Содан кейін температураның жоғарылауымен қалпына келтіру дәрежесінің өсуі аз болады. Атап айтқанда болады. элюция ерітінділерінің температурасының 15 градусқа жоғарылауы (20 -дан 35% -ке дейін), қалпына келтіру дәрежесінің жоғарылауы 73% -дан 87% -ке дейін, содан кейін температура тағы 15 градусқа жоғарылағанда (35 -тен) 50°C дейін), алтынды алу дәрежесі 87% -дан 93% -ға дейін өсті. Температураны 90°C дейін көтеру қалпына келтіруді 95% дейін арттырды.

Осылайша, сыналған элюентпен 90% -дан астам экстракция дәрежесіне жету үшін кем дегенде 35°C температура қажет, элюция ерітіндісінің мөлшері сорбенттің 1 көлемінен 12 көлемнен асады.

2.4 Алтын мен қоспалық металдардың десорбция кинетикасын зерттеу

Жүргізілген зерттеулер нәтижесінде ион алмасу тепе-теңдігін орнату уақытының десорбция температурасына тәуелділігі алынды.

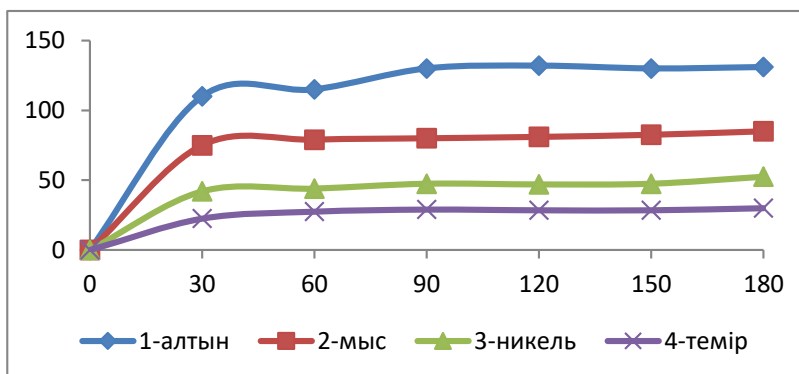
Уақыт пен температураға байланысты қалақтағы алтын құрамы туралы алынған мәліметтер 4 кестеде келтірілген.

Кесте 4 – Элюаттағы алтынның мөлшері

Сынама алу уақыты, мин	Әртүрлі температурадағы элюаттағы алтын мөлшері, мг/дм^3			
	15°C	25°C	35°C	45°C
30	1,0	2,0	5,4	4,4
60	1,2	3,2	6,1	6,2
90	2,0	4,2	6,4	7,6
120	2,5	5,1	6,5	7,7
150	2,9	5,1	6,5	8,0
180	4,2	5,7	7,0	8,0

Осылайша, 15°C температурада ион алмасу тепе-теңдігі 3 сағат ішінде қол жеткізіледі. 25°C температурада ион алмасу тепе-теңдігіне жақын

күй 2 сағат ішінде болады. 35 °С жоғары температурада ион алмасу тепе-теңдігін орнату уақыты шамамен 1,5 сағатты құрайды.



6 Сурет – Алтын мен қоспалардың кинетикасының қисықтары

6-суреттен көріп отырғанымыздай, барлық элементтер үшін ион алмасу тепе-теңдігі сорбенттің 3 көлемінен 1 көлеміне дейін көбейтіледі.

Алынған кинетикалық тәуелділіктер бойынша алтын мен ланта - қоспалардың десорбциясы, алтынның металдардың - қоспалардың десорбциясының оңтайлы режимін анықтауға болады. Қоспа металдар мен алтынды концентрациясы 200 г/дм³ болатын перхлоратты ерітінділермен элюциялау кезінде бір элемент үшін айырбассыз тепе-теңдікті орнату уақыты екіншіге қарағанда әлдеқайда көп болады. Суреттен n-ерітіндісінің алғашқы 2,5-3 көлемінде элюат бөліктеріндегі барлық элементтердің мөлшері өсетіні, содан кейін десорбция жалғасқан кезде металдардың бөліктердегі концентрациясы өзгертіні көрсетілген.

2.5 Элюентерден алтынды алу

Ерітінділерден асыл металдарды алу әртүрлі жолмен жүзеге асырылуы мүмкін: химиялық тұндыру (цементтеу), сорбциялық экстракция (экстракция), электролиз.

2.5.1 Перхлоратты ерітінділерден алтынды электролиздеу

Шетелдік зерттеулерге сәйкес, элюиттерден алтынды коммерциялық өнімді қолданып алу электрохимиялық тұндыру арқылы тиімді жүзеге асырылады.

Тиомочевинаның қышқыл ерітінділерінен алтынды алуды электролиздеу арқылы да жүргізуге болады [9,17] және химиялық тұндыру. Тиокарбамид

ерітінділерінен тұндыру процесінің параметрлері тұрақсыз. Сонымен қатар, электролиз кезінде тио мочевианың өзі ыдырай бастайды.

Авторлар жұмыста анод пен катод кеңістігін кеуекті қалқалармен бөлу кезінде электролиз процесін жүргізуді ұсынады. Басқа жұмыстар кеуекті қалқан ретінде анионалмасу мембраналарын қолдана отырып, электрохимиялық алтынды алудың технологиялық артықшылықтарын көрсетті.

Өткізудің оңтайлы режимі - 5-10 Ам³, сутегі эволюциясы 30 % -дан астам, алтынның жалпы мөлшері 95 % құрайды. Біз құрамында алтын бар шайырды натрий перхлораты ерітіндісімен сорбциялаудан кейін алынған ерітінділерден алтынның электролизін жүргіздік.

5 Кесте – Электрохимиялық тұндыру нәтижелері, мг/дм³

Өнім	Au	Cu	Zn	Fe	Ni
Шешім (сыртқа)	89.0	135.0	37.5	150.0	35.0
Шешім (30 мин.)	89.0	50.0	55.0	275.0	30, 0
Шешім (1 сағат)	89.0	26.5	50.0	95.0	5.0

Электролиз процесінің берілген көрсеткіштеріне сүйене отырып, түсті металдардың цианидті комплекстері жойылып, гидроксид түрінде тұнбаға түсетінін, ал алтын ерітіндіде қалатындығын көруге болады.

Мұны электролиз барысында перхлорат ерітіндісінде болатын сілтінің анод камерасына өтуімен түсіндіруге болады. Нәтижесінде перхлорат ерітіндісінің тотығуы басталады. Физико-химиялық қасиеттеріне сүйене отырып, цианидтік кешен қышқыл ортада ыдырай бастайды (5-кесте). Кестеден көріп отырғанымыздай, электролиз процесі перхлоратты ерітінділер үшін өте қолайлы. Бұл құрамында алтын бар ерітіндіні қоспалардан тазартуға мүмкіндік береді.

Электролизден кейін алюминий жүргізуге болады, ал перхлорат ерітінділері перхлораттың регенерациясына жіберіліп, қайта пайдалануға жіберіледі.

2.5.2 Алтынды алюминий үгінділеріне цементтеу

Алтынның қорғасын ұнтағына цементтелуі туралы мәліметтерді ұсынды, бұл процесті күкіртті тиоуревра ерітінділеріне қолдануға болмайтындығы көрсетілген. Шөгінділер құрамында алтын мөлшері аз, 2-9 % Au.

Алтынды тұз қышқылының ерітінділерінен тұндыру процесінің көрсеткіштері тұрақсыз және қорғасын ұнтағының сапасына тәуелді, оның кемшіліктерінің бірі жер бетінен тез тотығу. Алтынды шөгіндіге максималды экстракциялау 1 грамм элюатқа 20-30 грамм қорғасын ұнтағын жұмсау кезінде жүзеге асырылады, байланыс уақыты 0,5 сағат, температура 2000 °С .

Шайырлардан десорбцияланған элементті цементтейтін металл (қорғасын, алюминий) қатысуымен алтын алу әдісін ұсынды.

Біз перхлоратты алтын ерітінділерінен, алюминий үгінділерінен карбюризациялау процесін зерттедік.

7 Кесте – Цементтеу процесін зерттеу нәтижелері

Өнім	Au, мг/дм ³
Шешім (сыртқа)	50,0
Шешім (30 мин.)	12,5
Шешім (60мин.)	6,0
Шешім (90 мин.)	5,6
Шешім (120 мин.)	4,2
Шешім (150 мин.)	3,0
Шешім (180 мин.)	2,3
Шешім (210 мин.)	0,7

Алынған мәліметтерден алтынның көміртегі көп және жоғары технологиялық жылдамдықпен өткендігін көруге болады.

3 Еңбекті қорғау

3.1 Ұйымдастыру іс-шаралары

Әр түрлі іс-шараларды, қалыпты еңбек жағдайларын құрудың әдістері мен құралдарын зерттеу және ұтымды пайдалану үшін оларды жалпылау қажет. Еңбекті қорғаудың барлық мүмкін әдістері келесі төрт топқа жіктеледі:

- еңбек өндірісін ұйымдастыру;
- кәсіпорындар мен цехтардың құрылысы;
- технологиялық процесс және жабдықтар;
- жеке қорғаныс.

Еңбек жағдайларын жақсарту барлық осы топтардың іс-шараларын жан-жақты жүзеге асыруды талап етеді.

Өндіріс пен еңбекті ұйымдастыру еңбекті ғылыми ұйымдастыруды, персоналды іріктеуді, жұмыс және демалыс уақытын регламенттеуді, еңбек тәртібін, жұмыстарды дұрыс жүргізуді, стандарттарды, гигиеналық нормативтерді және техникалық қауіпсіздік нормативтерін белгілеуді, қауіпсіздік қағидаларын, нұсқаулықтарды әзірлеуді көздейді.

Қауіпсіз еңбек жағдайларын қамтамасыз ету үшін қауіпсіздік ережелері мен өндірістік санитария нормалары үлкен маңызға ие.

Қолданыстағы заңнаманың негіздеріне қолданыстағы заңнаманың бастапқы көздері, заңнамалық актілер мен қаулылар, нормативтік актілер, еңбек шарты, Жұмыс уақыты мен демалыс уақыты, ішкі еңбек тәртібі ережелері, Ұжымдық шарт және еңбекті қорғау жөніндегі келісімдер, қолайсыз еңбек жағдайлары үшін өтемақылар мен жеңілдіктер кіреді.

Институтта еңбек қауіпсіздігін ұйымдастыру әкімшілік-техникалық персоналға жүктелген. Директор, бас инженер, зертхана меңгерушілері-әрқайсысы өз учаскесінде қауіпсіз еңбек жағдайларын қамтамасыз етеді.

3.2 Химиялық күйіктерді болдырмау шаралары

Зертханада күйік көзі қышқылдар мен сілтілердің ерітінділері болуы мүмкін. Қышқылдар мен сілтілер каустикалық заттарға жатады, теріге тиген кезде химиялық күйік тудырады және буларымен дем алған кезде тыныс алу жолдарына әсер етеді.

Улануды болдырмау жөніндегі іс-шаралар мыналарды қамтиды:

- концентрацияланған күкірт және тұз қышқылын дұрыс сақтау, атап айтқанда, сыйымдылығы 2 литрден аспайтын қалың қабырғалы шыны ыдыста тартпа шкафында, шыны немесе фосфор табандықтарында;
- концентрацияланған қышқылдармен және сілтілермен барлық жұмыстарға ағынды-тартпалы желдеткішсіз және қорғаныс құралдарынсыз (көзілдірік, қолғап) тыйым салынады.

3.3 Арнайы киіммен, сақтандыру құралдарымен қамтамасыз ету

Жұмысшылардың жеке қорғаныс құралдарын пайдалану көптеген жағдайларда қажет және міндетті болып табылады. Жеке қорғаныс көмекші сипатқа ие.

Салалық үлгілік нормаларға сәйкес жұмысшылар мен қызметшілерге арнайы киім, арнайы аяқ киім және сақтандырғыш құралдар белгілі бір мерзімге тегін беріледі.

Z - ең аз жарықтан орташа жарыққа өту коэффициенті және 1,15-ке тең. Зертханада жасанды жарықтандыру ЛД – 80 шамдары бар ШОД шамдарымен қамтамасыз етіледі.

3.4 Өртке қарсы іс шаралар

Өрттің пайда болу себептері әртүрлі: құрылыс конструкцияларындағы, құрылыстардағы кемшіліктер, үй-жайлардың жоспарлануы, жабдықтардың ақаулары, технологиялық процестердің бұзылуы, жұмыстардың дұрыс жүргізілмеуі, персоналдың абайсыздығы және ұқыпсыздығы. Институт пен зертханаларды орналастыру кезінде өртке қарсы қауіпсіздік бойынша жұмыстардың үлкен кешенін жүзеге асыру қажет.

Кәсіпорындағы өрттердің пайда болу себептерін жоятын іс – шараларға құрылыс-техникалық және ұйымдастыру шаралары жатады.

Құрылыс-техникалық іс-шараларға кәсіпорын аумағын тиісінше жоспарлау, ғимаратта оттың таралуына кедергі келтіретін арнайы тосқауылдарды орнату, шығу жолдарын, оның ішінде эвакуациялық шығу жолдарын дұрыс орнату және орналастыру жатады.

4 Экономикалық бөлім

4.1 Зерттеу жұмысының нәтижелерін математикалық өңдеу

Зерттеу жұмысы барысында алтынның және металдың қоспаларын алу дәрежесінің әртүрлі технологиялық параметрлерге тәуелділігінің нәтижелері алынды. Бұл нәтижелер кестелерде немесе графиктерде ұсынылды.

Айнымалылар арасындағы тәуелділікті аналитикалық түрде, айнымалылардың сәйкес мәндерін қосатын формула арқылы білдірейік. Мұндай формуланы табу үшін біз ең кіші квадраттар әдісін қолданамыз. Бұл $Y = f(x)$ түріндегі формулалардың берілген жиынтығынан бақыланатын мәндердің есептелген мәндерден ауытқу квадраттарының қосындысы ең кіші болатындығына негізделген.

4.1.1 Алтынды зерттеу кезінде алынған нәтижелерді ерітінділердің қалпына келу дәрежесінің тәуелділік концентрациясына математикалық өңдеу

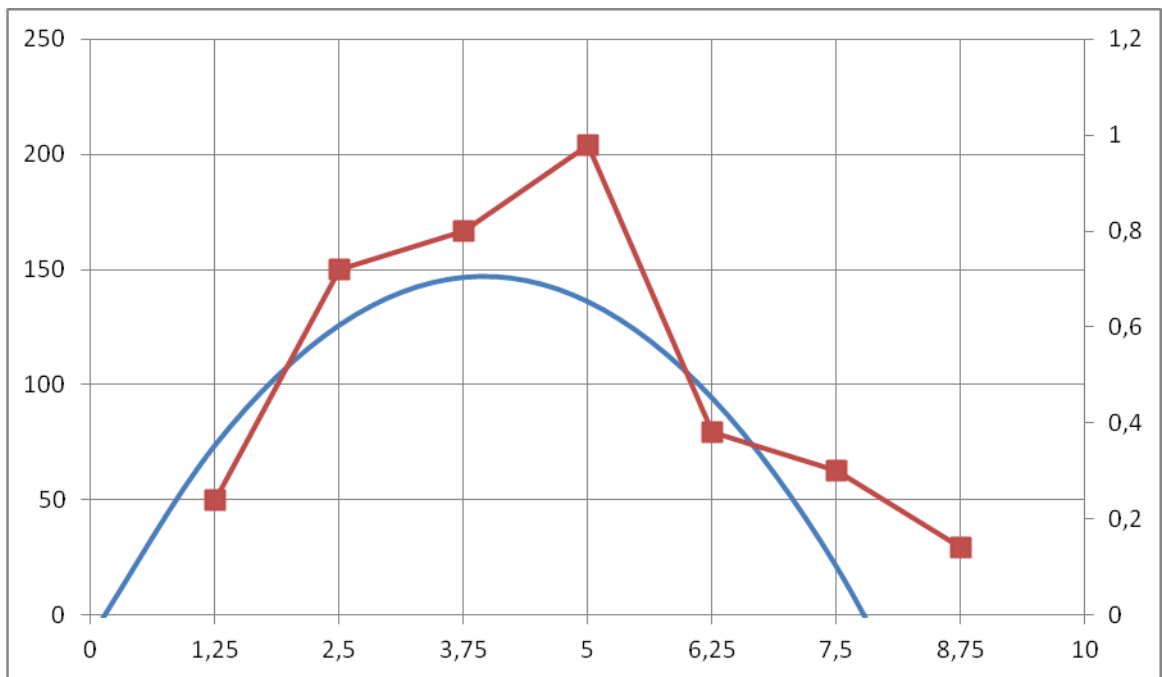
Ерітіндіге алтын алудың концентрацияға тәуелділігін зерттеу нәтижелері 3-суретте келтірілген. Суреттен $y = f(x)$ функциясы түрдегі полиномдық сипатқа ие болады деп болжауға болады:

$$y = b + c_1x + c_2x^2 + c_3x^3 + \dots + c_nx^n$$

X пен y арасындағы байланыс келесідей өрнектеледі:

$$y = -10x^2 + 79.040x - 9.209$$

X пен y тәуелділігін біле отырып, корреляция коэффициентін табамыз, ол 0,59-ға тең болады.



9 Сурет – Шоғырлануға қарсы алтын элюциясының қисығы

Сонымен, корреляция коэффициенті 0,59 болады.

Алынған теңдеуден алтынның ерітіндіге экстракциясы 200 мг/дм³ - қа тең концентрацияда болатындығының максималды дәрежесін табамыз.

4.1.2 Алтынды алу дәрежесінің процестің ұзақтығына тәуелділігін зерттеу кезінде алынған нәтижелерді математикалық өңдеу

Алтынның ерітіндіге шығарылуының ұзақтығына тәуелділігін зерттеу нәтижелері суретте келтірілген. Кестедегі мәліметтерден $y = f(x)$ функциясы логарифмдік сипатқа ие болатынын және келесі түрде жазылатынын көруге болады:

$$y = c \cdot \ln x + b$$

X пен y арасындағы байланыс келесідей өрнектеледі:

$$y = 69.993 \ln(x) + 20.471$$

X пен y тәуелділігін біле отырып, корреляция коэффициентін табамыз, ол 0,97 құрайды.

Сонымен, корреляция коэффициенті 0,97 құрайды.

Максималды дәреже Алынған теңдеуден алтынды ерітіндіге бөліп алудың ұзақтығы 90 - 120 минутқа жететіндігін анықтаймыз.

4.1.3 Температуранда тәуелділікті зерттеу дәрежесінен алынған алтын экстракциялау ерітіндісінің нәтижелерін математикалық өңдеу

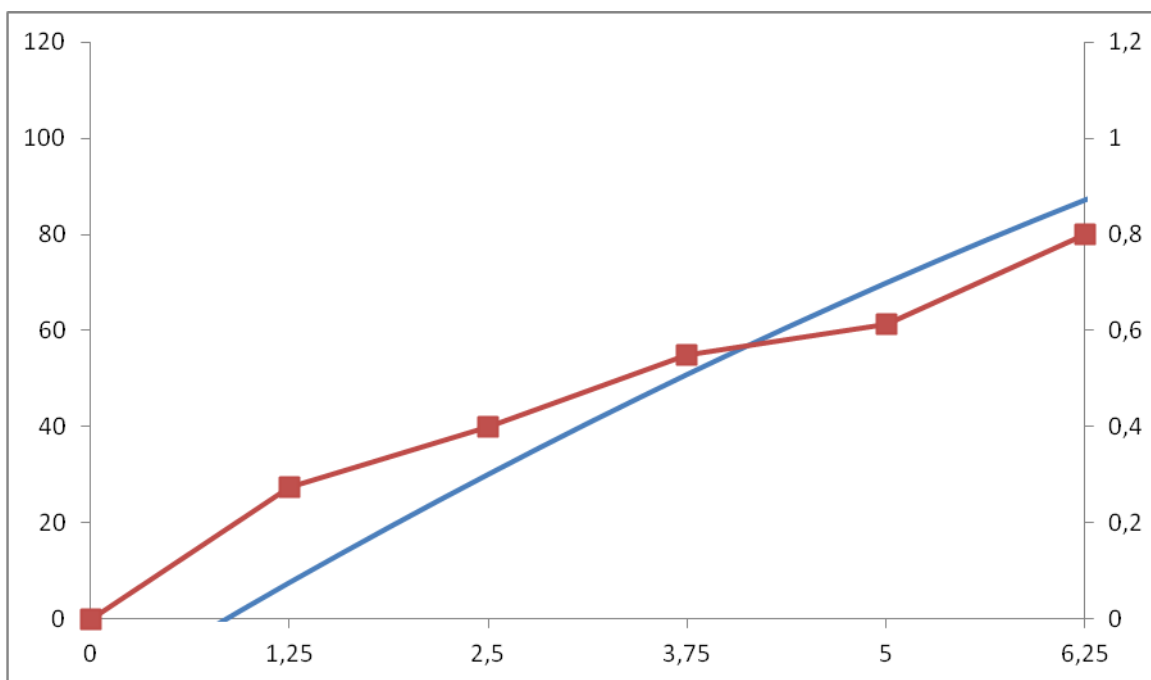
Алтынның ерітіндіге шығарылуының температураға тәуелділігін зерттеу нәтижелері 5-суретте көрсетілген.

$Y = f(x)$ тәуелділігі түрдегі полиномдық сипатқа ие:

$$y = b + c_1x + c_2x^2 + c_3x^3 + \dots + c_6x^6$$

x пен y арасындағы байланыс келесі түрде жазылады:

$$y = 3 - 0.5595x^2 + 20.083x - 16.57$$



10 Сурет – Алтынды температураға қарсы қалпына келтіру

Корреляция коэффициенті келесідей болады: 0,93

Алынған теңдеуден алтынның ерітіндіге шығарылуының максималды дәрежесіне 90° -қа тең температурада қол жеткізілетіндігін анықтаймыз.

Металлды қалпына келтірудің өзгеруі өндіріс көлемінің өзгеруіне әкеледі.

Шығындарды төмендету мөлшерін келесі формула бойынша анықтауға болады:

$$U = 3 * (E_2 - E_1) / E_2$$

мұндағы 3 - зерттеу шығындары;

E - қалпына келтіруді арттыруға бағытталған шаралар алдындағы металды қалпына келтіру, %;

E2 - зерттеулер жүргізілгеннен кейін металды қалпына келтіру, %.

Сонда өзіндік құн өзгерісі болады:

$$U = 13285,7 * (95 - 87) / 95 = 1118 \text{ теңге.}$$

4.2 Зерттеу жұмысының экономикалық тиімділігін есептеу

Бұл зерттеу жұмысы құрамында перхлорат ерітінділерін қолдана отырып құрамында алтыны бар сорбенттерді өңдеу мүмкіндігін қарастырады.

Құрамында алтын бар сорбенттерді өңдеу үшін осы әдісті қолдану бұрын жасалған әдістермен салыстырғанда, алтынның құнына әсер ететін алтынның бөліну дәрежесінің жоғарылауын қамтамасыз етеді және өндірістің жоғары экономикалық тиімділігін қамтамасыз етеді.

Экономикалық тиімділікті есептеу кезінде ғылыми-зерттеу жұмыстарына кететін шығындар мен үнемдеуді ескеру қажет.

4.2.1 Зерттеу шығындарын есептеу

Бөлімінде осы эксперименттің негізгі шығындарын есептеу қарастырылған.

Барлық зерттеулер барысында барлығы 28 эксперимент өткізілді.

Біз амортизацияны есептейміз

зертханаға арналған жабдықты шегеру. Амортизация нормалары мен мөлшері жабдықтың қызмет ету мерзімімен анықталады.

Бұл жағдайда амортизация нормасы (H_a) келесі формула бойынша есептеледі:

$$H_a = 100/V$$

мұндағы V - жабдықтың қызмет ету мерзімі. Амортизациялық аударымдар туралы мәліметтер 7-кестеде көрсетілген.

7 Кесте – Амортизациялық аударымдар.

Жабдықтың атауы	Қызмет мерзімі	Саны	Бағасы, теңге	Құны, теңге	H_a %	Амортизацияның айлық сомасы, теңге
1. Сорғыш шкаф	10	1	21000	21000	10	175
2. Электролизер	5	1	800	800	20	13,3
3. Араластырғыш	5	2	400	800	20	14
4. Химиялық ыдыс:						
- қолба 250мл	2	10	120	1200	50	50
- 250мл стакан	2	20	100	2000	50	83
- бөлгіш құйғыш	3	5	250	1250	33	34
- тамшуырлар	3	1	200	200	33	5,5
- Бунсен колбасы	3	5	150	750	33	21
- цилиндр	3	2	80	160	33	5
5. Түзеткіш	10	1	1000	1000	10	8,3
6. Аналитикалық таразылар	5	1	3000	3000	20	50
Барлығы:				31790		472

Осылайша, жабдықтың жалпы бастапқы құны 31790 теңгені құрайды. Бір айдағы жабдық үшін амортизация сомасы 472 теңгені құрайды.

Эксперимент жүргізу үшін, сондай-ақ химиялық талдаулар жүргізу үшін тікелей пайдаланылатын негізгі және қосалқы материалдардың шығындарын есептейміз. Ғылыми-зерттеу жұмысы барысында 10 тәжірибе жүргізілгендіктен, негізгі және қосалқы материалдарға жұмсалатын шығындар да осы тәжірибелер санына есептеледі. Есептеу нәтижелері 8-кестеде келтірілген.

8 Кесте – негізгі және қосалқы материалдарға арналған шығындар

Материалдың атауы	Өлшем бірлігі	Материалды тұтыну	Құны, теңге	Жалпы сомасы, теңге
1. Хлор қышқылы	л	2	1000	2000
2. Сілтілік	кг	12	280	3360
3. Аммоний роданиді	л	2	280	560
4. Натрий тұзы	кг	1	20	20
5. Ион алмастырғыш шайыр	кг	10	280	2800
6. Алюминий жоңқалары	кг	1	715	715
7. Сода ерітіндісі	кг	1	25	25
Барлығы:				9480

Осылайша, негізгі және көмекші материалдардың құны 9 480 теңгені құрайды.

ҚОРЫТЫНДЫ

Рудалық шикізаттан алтын алу үшін қолданылатын технологияларды талдау сорбция әдістерінің ең кең таралған және экономикалық тиімді екендігін көрсетеді. Сорбентті регенерациялау операциясының маңызы өте зор, оның мақсаты сорбенттің бастапқы қасиеттерін қалпына келтіру және оларды ұзақ уақыт сақтау болып табылады.

Перхлораттардың сілтілі және бейтарап ерітінділерімен ион алмастырғыш шайырларды қалпына келтірудің жаңа перспективалық әдісі зерттелді. АМ-2В маркалы алтынға қаныққан анионалмастырғыштардан алтын мен металл қоспаларын десорбциялаудың оңтайлы шарттары табылды. Алтынның алыну дәрежесіне және оның десорбциясы кинетикасына және металдар - қоспаларға температураның әсері зерттелді.

Перхлоратты ерітінділерден алтынды электролиз әдісімен алу тәжірибелік жолмен жүргізілді. Ерітінділерден алтын тұндырудың қарапайым әдісі - алюминий үгінділерімен карбюрлеу - ұсынылған және зерттелген.

Экономикалық бөлімде ғылыми-зерттеу жұмыстарының құны есептеліп, нәтижелерді математикалық өңдеу жүргізіліп, экономикалық тиімділігі есептелді.

Алтынның десорбциясының жаңа әдісін қолдану кезінде қауіпті және зиянды өндірістік факторларға талдау жасалады. Перхлоратты қосылыстардың зияндылығына және сілтілі ерітінділерді қолдануға байланысты зерттелген әдіс экологиялық қауіпсіз.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Фридман И. Д. и др. Ионообменная технология в гидрометаллургии Золота/Цветные металлы, 1970
- 2 Масленицкий И. Н., Чугаев Л. В. Metallургия благородных металлов. М.: Metallургия, 1972.
- 3 Барченков В. В. Основы сорбционной технологии извлечения золота и серебра из руд. М.: Metallургия, 1982.
- 4 Ласкорин Б. Н., Садовникова Г. И. Сорбция золота на анионите АМ-2Б./ Цветные металлы, 1971
- 5 Лодейщиков В. В. , Панченко А. Р. Технологическая оценка некоторых растворителей золота./Цветные металлы, 1967, с. 8-10
- 6 Шумахер И., свойства, производство и применение. М.: Госхимздат, 1963.
- 7 Отчет НИР Отработка режимов полнозамкнутых схем переработки упорного редкометального и золотосодержащего сырья с использованием галогенидных химических систем. РГПИ «НЦ КПМС РК», 1998.
- 8 Меретуков М. А. Процессы жидкостной экстракции и ионообменных сорбентов в цветной металлургии. М.: Metallургия, 1978.
- 9 Бек Р. Ю., Лаврова П. А. Скорость электролитического выделения золота из тиомочевинных растворов. Изв. СО АН СССР, серия хим. наук. Вып.1, 1972.
- 10 Плаксин И. Н., Тэтару С. А. Гидрометаллургия с применением ионитов. М.: Metallургия, 1964.
11. Панченко А. Р., Шамис Л. А. Некоторые данные по извлечению золота из руд растворами ацетонциангидрина. Труды ИрГИРмета, вып. 20. М.: Недра, 1979.
- 12 Современное состояние и перспективы применения сорбционных процессов в гидрометаллургии золота. М.: Цветметинформация, 1974.
- 13 Бек Р. Ю. Исследование кинетики электроосаждения золота и серебра из комплексных тиомочевинных и роданистых электролитов. Изв. СО АН СССР, серия хим. наук. Вып 3; 1970.
- 14 Дементьев В. Е., Бывальцев В. Я. Извлечение золота из богатых растворов цементацией./ Цветные металлы, 1998- С.1.