

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И.Сәтпаев атындағы қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ө.А. Байқоңыров атындағы Тау-кен металлургия институты

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

Мулик Айдын Абдуллинұлы

Алтынқұрамды өнімді ерітінділерді өңдеу процестерін зерттеу

МАГИСТЕРЛІК ДИССЕРТАЦИЯ

7М07204 – Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту

Алматы 2022

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ө.А. Байқоңыров атындағы Тау-кен металлургия институты

Металлургиялық процестер, жылу техникасы және арнайы материалдар технологиясы кафедрасы

ӘОЖ 669.295 (043)

Қолжазба құқығында

Мулик Айдын Абдуллинұлы

Магистр академиялық дәрежесін алу үшін дайындалған


МАГИСТРЛІК ДИССЕРТАЦИЯ

Диссертация атауы Алтынқұрамды өнімді ерітінділерді өңдеу процестерін зерттеу

Дайындау бағыты 7M07204 – «Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту»

Ғылыми жетекші,

т.ғ.к., сениор-лектор

 Коныратбекова С.С.
« 07 » 06 2022 ж.




Пікір беруші,

Металлургия және байыту институты,
Гидрометаллургияның арнайы әдістері
зертханасының меңгерушісі, т.ғ.к.

 Койжанова А.К.
« 07 » 06 2022 ж.

Норма бақылаушы,

т.ғ.к., сениор-лектор

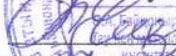
 Коныратбекова С.С.
« 07 » 06 2022 ж.

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

МІЖ және АМТ кафедра

меңгерушісі PhD докторы,

Т.ғ.к., қауымдас профессор

 Чепуштанова Т.А.

« 07 » 06 2022 ж.

Алматы 2022

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ө.А. Байқоңыров атындағы Тау-кен металлургия институты

Металлургиялық процестер жылу техникасы және арнайы материалдар технологиясы кафедрасы

7М07204 – «Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту»

 **БЕКТЕМІН**
МТЖ және АМТ кафедра
менгерушісі PhD докторы,
т.ғ.к. қауымдас профессор
Чегуштанова Т.А.
« » 2021 ж.

Магистрлік диссертация орындауға ТАПСЫРМА

Магистрант Мулик Айдын Абдуллинұлы

Тақырыбы: Алтынқұрамды өнімді ерітінділерді өңдеу процестерін зерттеу
Университет Ректорының 2020 жылғы "03" қараша № 2026 бұйрығымен
бекітілген

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі 2022 жылғы "02" маусым

Магистрлік диссертацияның бастапқы берілістері: Өнімді ерітіндіден
алтынды өңдеу процестерін қарастыру

Магистрлік диссертацияда қарастырылатын мәселелер тізімі

а) өнімді ерітіндіден сорбция арқылы алтынды бөлу; сорбент ретінде
анионит АМ-2Б және белсенді көмір НаусарbYA00-60 сорбциялық
қасиеттерін қарастыру;

б) сорбция өнімдерін физика-химиялық талдауын жүргізу;

в) десорбция әдісіне реагенттердің салыстырмалы қасиетін зерттеу;

г) жұмыстың экономикалық тиімділігін есептеу.

Сызба материалдар тізімі

Ұсынылатын негізгі әдебиет:




1 Ласкорин Б.Н., Вялков В.И., Доброскокин В.В. Сорбционная технология в гидрометаллургии золота // В сб. Гидрометаллургия золота. – М.: Наука, 1980. – С. 76-88.

2 Садовников Г.И., Новиков Ю.П., Ласкорин Б.И. Сорбция золота на анионите АМ-2Б // Цветные металлы. – 1971, – № 6.


Магистрлік диссертация дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекші мен кеңесшілерге көрсету мерзімдері	Ескерту
Кіріспе	01.06.2021 ж	
Әдеби шолу	20.09.2021 ж	
Бастапқы материалдардың сипаттамасы және зерттеу әдістемесі	19.02.2022 ж	
Тәжірибелік бөлім	12.05.2022 ж	
Қорытынды	22.05.2022 ж	

Аяқталған магистрлік диссертация бөлімдеріне кеңесшілер мен норма бақылаушының қойған қолтаңбалары

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер, аты, әкесінің аты, тегі (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Экономика бөлімі	С.С.Коныратбекова т.ғ.к., сениор-лектор	15.05.2022	
Еңбек қорғау бөлімі	С.С.Коныратбекова т.ғ.к., сениор-лектор	26.05.2022	
Норма бақылаушы	С.С.Коныратбекова т.ғ.к., сениор-лектор	07.06.2022	

Ғылыми жетекші  _____ Коныратбекова С.С

Тапсырманы орындауға алған білім орындаушы  _____ Мулик А.А.

Күні " 26 " қаңтар 2021 ж.

АҢДАТПА

Магистрлік диссертация 60 беттен тұрады, 3 бөлімнен, 16 кестеден, 17 суреттен, 1 қосымшадан және 22 әдеби көзден тұрады.

Диссертация сорбент ретінде АМ-2Б және "Наусcarb YA00-60" маркалы белсендірілген көмірді пайдалана отырып, Алтынды сорбция әдісімен алу және шоғырландыру процесін зерттеуге арналған.

Жұмыстың мақсаты-құрамында алтын бар өнімді ерітіндіден алтын алу кезінде АМ-2Б сорбентінің және "Наусcarb YA00-60" маркалы активтендірілген көмірінің сорбциялық қасиеттерін зерттеу.

Зерттеу объектілері құрамында 1-15 мг/л алтын концентрациясы бар модельдік су ерітіндісі, АМ-2Б аниониті және "Наусcarb YA00-60" маркалы белсендірілген көмір болды. Алтынның өңделуі 98-100 % құрады.

Жұмыста динамикалық және статикалық жағдайдағы алтын сорбцияларының салыстырмалы сипаттамалары көрсетілген. Алтын сіңіру процесінің оңтайлы параметрлері анықталды.

АМ-2Б анионитінен алтынның десорбциясын нитрат натрийдің күкірт қышқылы ерітіндісімен және тиомочевинамен жүргізу ұсынылады. Десорбциядан кейін алтын алу 98 % құрады.

АННОТАЦИЯ

Магистерская диссертация изложена на 60 страницах, содержит 3 раздела, 16 таблиц, 17 рисунков, 1 Приложение и 22 литературных источников.

Диссертационная работа посвящена изучению процесса извлечения и концентрирования золота методом сорбции с использованием в качестве сорбента АМ-2Б и активированный уголь марки «Наусcarb YA00-60».

Цель работы – изучение сорбционных свойств сорбента АМ-2Б и активированного угля марки «Наусcarb YA00-60», при извлечении золота из продуктивного золотосодержащего раствора.

Объектами исследований являлись модельный водный раствор с концентрацией в нем золота 1-15 г/л, анионит АМ-2Б и активированный уголь марки «Наусcarb YA00-60». Извлечение золота составило 98-100 %.

В работе показаны сравнительные характеристики сорбций золота в динамических и статических условиях. Определены оптимальные параметры процесса сорбции золота.

Десорбции золота из анионита АМ-2Б предложено проводить серноокислым раствором NaNO_2 и тиомочевинной. После десорбции извлечение золота составила 98 %.

ANNOTATION

The Master's thesis is presented on 60 pages, contains 3 sections, 16 tables, 17 figures, 1 Appendix and 22 literary sources.

The dissertation work is devoted to the study of the process of extraction and concentration of gold by sorption using AM-2B and activated carbon of the Haycarb YA00-60 brand as a sorbent.

The purpose of the work is to study the sorption properties of the AM-2B sorbent and activated carbon of the Haycarb YA00-60 brand, when extracting gold from a productive gold-containing solution.

The objects of research were a model aqueous solution with a concentration of 1-5 g/l gold in it, AM-2B anionite and activated carbon of the Haycarb YA00-60 brand. The gold recovery was 98-100 %.

The paper shows the comparative characteristics of gold sorption under dynamic and static conditions. The optimal parameters of the gold sorption process have been determined.

Desorption of gold from AM-2B anionite is proposed to be carried out with a sulfuric acid solution of NaNO_2 and thiourea. After desorption, gold recovery was 98 %.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	9
1 Әдебиетке талдамалық шолу	11
1.1 Алтын өндірісінің әлемдік нарығы	11
1.2 Алтын, күміс және ілеспе металдардың цианидті кешендерін анион алмастырғыштармен сорбциялау үлгілері	11
1.2.1 Анионалмастырғыш шайырлар арқылы цианид ерітінділерінен алтынды сорбциялау кинетикасы және олардың сыйымдылық сипаттамалары	13
1.2.2 Алтынның ионалмасу сорбциясының механизмі	14
1.2.3 Алтынды десорбциялау және ион алмастырғыштарды регенерациялау әдістері	14
1.2.4 Алтынмен байланысты металл қоспаларының цианидті кешендерінің элюциясы	16
2 Тәжірибелік бөлім	19
2.1 Эксперименттер және талдау әдістері	20
2.2 Шикізат	21
2.3 Зерттеу әдістері	23
2.4 Талдау әдістері	23
3 Цианид ерітінділерінен алтынның сорбциялық алынуын зерттеу	23
2.1 Алтын технологиясында кеңінен қолданылатын ион тырғыштардың сорбциялық қасиеттерін салыстыру	25
3 Берілген шаймалау әдістерінің артықшылықтары мен кемшіліктері	28
3.1 Ильменит концентратының ыдырауы механизмі	31
4 Қауіпсіздік және еңбек қорғау бөлімі	35
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	46
Қосымша А . Диссертацияның тақырыбы бойынша жарияланған мақалардың тізімі	

КІРІСПЕ

Зерттеу жұмысының негізгі бағыты. Зерттеу жұмыстарында цианид ерітінділері мен пульпадан асыл металды тұндырғыш ретінде ион алмастырғыш шайыр кеңінен қолданудың қалыптасқан тенденциясы қарастырылған. Ерітінділерден алтынды сорбциялау үшін шаң тәрізді белсендірілген көмір мен ион алмастырғыш шайыр (мөлшері 0,1 мм-ден аз) және түйіршіктелген және ұсақталған көмір мөлшері 0,2 мм-ден асатын түрлері қолданылады. Пульпадан Алтынды сорбциялау үшін түйіршіктелген және ұсақталған көмір жиі қолданылады, мөлшері 0,63 мм-ден асады. Көмір тек оларды алу әдісімен ерекшеленеді.

Қазақстанның байыту фабрикалары мен гидрометаллургиялық кәсіпорындарында, төмен сұрыпты кендерден алтынды үйінді шаймалау кезінде, сондай-ақ кендер мен концентраттардан алтынды ұсақтап шаймалау кезінде пайда болатын қоюлатқыштардың, ерітінділердің цианисті төгінділерінен үйінді алтынды көмірмен-сорбциялық әдіспен алудың әртүрлі схемалары бар. Қазақстанда активтендірілген көмір «Altyntau Kokshetau», Ақбақай және Пустынное алтын өндіру фабрикаларында, Суздаль металлургия зауытында және үйінді шаймалаудың бірқатар аумақтарында қолданылады. Негізінен «Наусарб» түйіршікті белсендірілген көмір, «Норит» түйіршікті көмір және «УАФ» шаң тәрізді көмірлер қолданылады. Шаң тәрізді белсендірілген көмірлер, бұдан басқа, ұжымдық концентратты іріктеу алдында флотореагенттерді десорбциялау үшін қолданылады [1].

Эксперименттік-зерттеу жұмыстары «ҚР МШКҰ ҰО» РМК филиалы «Қазмеханобр» мемлекеттік өнеркәсіптік экология ғылыми-өндірістік бірлестігінде (Алматы қ.) жүргізілді.

Жұмыстың өзектілігі. Қазіргі таңда тәжірибе бойынша Қазақстандағы алтын өндірудің сорбция тәсілімен байырғы кедей, шағын көлемді және т.б. кен орындарынан алтын өндірудің ұлғайғаны байқалады. Сілтілі цианид ерітінділерін қолдана отырып, алтынқұрамды кендерді гидрометаллургиялық өңдеу кезінде алтынмен қатар мыс, мырыш, никель және кобальт сияқты ілеспе ауыр металдар да ерітіндеде болатыны белгілі. Соңғы жылдары алтынқұрамды шикізат үймелі шаймалаудың ең прогрессивті әдісін қолдана отырып қайта өңдеуге көбірек тартыла бастады, яғни бұғдай кезде айналымдағы ерітінділерді қолдану арқылы судың аз шығыны қамтамасыз етіледі. Натрий цианидінің ерітінділері кедей кендерден алтын алу үшін кеңінен қолданылады. Ерітінділерден алынған қосылыстарды алу үшін белсендірілген көмірді қолдануға негізделген сорбциялық технологиялар жиі қолданылады.

Белсендірілген көмірді цианидтерден асыл металды тұндырғыш ретінде кеңінен қолдану активтендірілген көмірдің жоғары сорбциялық және

кинетикалық қасиеттерімен және алтынмен қатар мыс және мырыш сияқты қоспалардан тұратын көп компонентті цианид орталарын сорбциялау кезінде алтын – цианид кешеніне жоғары селективтілігімен байланысты. 9 Негізінен «Науcarb» түйіршікті активтендірілген көмір, «АМ-2Б» ион алмастырғыш шайыр және қолданылады. Белсендірілген көмірді импортты алмастыру мәселесін шешу өзекті міндет болып табылады.

Жұмысты орындау қажеттілігінің негіздемесі: Диссертациялық жұмыс тақырыбына сәйкес зерттеу жүргізу қажеттілігі төмен өзіндік құнымен сипатталатын ион алмастырғыш шайыр мен белсендірілген көмірдің эффективтілігін жоғарлату мәселесі.

Жұмыстың мақсаты: Өнімді ерітіндідең ион алмастырғыш шайыр мен белсендірілген көмір арқылы алтынның сорбциясын зерттеу.

Жұмыстың міндеті:

- зерттеу бағыты бойынша ғылыми-техникалық ақпаратқа шолу;
- алтынқұрамды кендерді дайындау және зерттеу;
- кенді түйіршіктеу сипаттамасын анықтау;
- алтынқұрамды кендерді сорбциялау процесін зерттеу;
- сорбция өнімдерін физикалық-химиялық талдау;
- десорбция өнімдерін физикалық-химиялық талдау.

Диссертация бойынша Сәтбаев оқулары конференциясына 1 мақала шыққан.

1 Әдебиетке талдамалық шолу

1.1 Әлемде белсенді көмірді металл сорбенті ретінде кеңінен қолдану үрдісі байқалады

Қазіргі уақытта тек цианид ерітінділерінен алынған сорбция практикалық маңызға ие, бұл процеске артықшылық беріледі. Шетелде ион алмастырғыш шайырлар цианид целлюлозасынан асыл металды тұндырғыш ретінде өнеркәсіптікте қолданылмайды, бұл белсенді көмірдің жақсы сорбциялық және кинетикалық қасиеттеріне және олардың алтын-цианид кешеніне қатысты жоғары селективтілігіне байланысты, бірақ олардың төмен құны (ион алмастырғыш шайырлардың бағасынан 7-12 есе төмен) [1].

Белсенді көмірдің екі түрі бар: шаң тәрізді (-0.1 мм) және түйіршікті (0.2 мм). Алтынды белсенді көмірмен сіңіру тотығу процестерімен бірге жүреді. Ерітіндідегі дицианаурат иондары көмір бетінде цианокарбонилге айналады, содан кейін металл алтынға дейін азаяды.

Шаң тәрізді көмірдің артықшылығы-олардың төмен құны, жоғары кинетикалық және сыйымдылық сипаттамалары, регенерацияны болдырмау мүмкіндігі. Көмірдің жұқа бөлшектерімен алтынның жоғалуын азайту және оны ерітіндіден тез ажырату үшін алюминий сульфатының қатысуымен көмірді коагуляциялау әдісі жасалды. Сонымен қатар, дисперсті белсенді көмірмен цианисті ерітінділерден асыл металдарды алуға арналған аппаратура әлі толық әзірленбеген. Пульпадан алтын алу үшін шаң тәрізді сорбенттерді пайдалану сорбентті пульпадан бөлудің қиындығына байланысты сирек кездеседі. Бұл жағдайда Алтынды концентратқа алу 88-92 % құрайды, ал соңғысында 60-80 % дейін шлам бар. Шламды дисперсті көмірден бөлу іс жүзінде мүмкін емес.

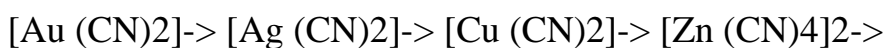
Қазіргі уақытта түйіршіктердің бүкіл көлемінде біркелкі дамыған кеуекті құрылымымен сипатталатын сфералық белсенді көмірді қолдану перспективалы болып табылады. Алайда, олардың абразияға байланысты шығындары ион алмастырғыш шайырлардың шығындарынан 2-2, 5 есе жоғары. Сонымен қатар, белсенді көмір көрсетілген шайырларға қарағанда алтынға қатысты айтарлықтай селективтілікке ие. АУ-50 көмірінің қанықтылығына жеткенде оның сорбциялық сыйымдылығы тек алтын мен күмістің арасында 4:1 қатынасында бөлінеді, селективтілік коэффициенті бірлікке тең, ал көмірге ұқсас жағдайларда АМ-2Б аниониті үшін - 0.19.

Цианисті ерітінділерден Алтынды белсенді көмірмен сорбциялық тұндыру Қазақстанның бірқатар кен орындарының құрамында алтыны бар кендерін үймелеп шаймалау кезінде неғұрлым оңтайлы әдіс болып шықты. Әр кен орнындағы технологиялық схемалар, әрине, өзіндік сипаттамаларға ие.

1.2 Алтын, күміс және ілеспе металдардың цианидті кешендерін анион алмастырғыштармен сорбциялау үлгілері

Әдебиет мәліметтерін талдау еритін цианидті кешендердің тек алтын мен күмістің ғана емес, сонымен қатар ілеспе қоспа металдардың цианид ерітінділерінде түзілетіні туралы қорытынды жасауға мүмкіндік береді.

Құрамында металл бар аниондардың цианидті ортадан күшті және әлсіз негіздік анионалмастырғыштармен сорбциялануын қатар арқылы көрсетуге болады [2]:



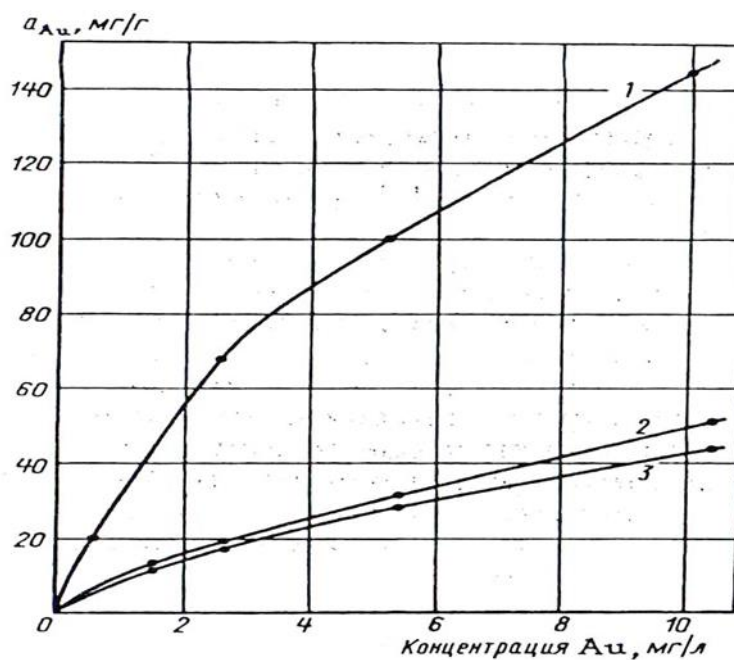
Бұл қатар, алайда, бір мәнді емес және процестің шарттарына байланысты айтарлықтай өзгерістерге ұшырайды.

Аниондардың анион алмастырғыштарға жақындығын түсіндіру үшін бірнеше гипотезалар алға қойылған. Жұмысқа сәйкес [3], цианид тұздарының десорбциясы кезінде туындайтын қиындықтар, алмасудың қайтымсыздығы және анионалмастырғыштардың, әсіресе төменгі негізділердің асыл металл аниондарына салыстырмалы түрде жоғары селективтілігі күрделі цианидті аниондардың ионалмасу сорбциясымен қатар жүретінін көрсетеді. Шайырдың катиондық топтарымен комплекстенуі. Ион алмасуда ван-дер-Ваальс күштері қатыспайды немесе маңызды емес, ал бір мезгілде әсер ететін электростатикалық және поляризациялық күштер шешуші болып табылады. Аниондардың барлығы дерлік жоғары полярлану қабілетіне ие болғандықтан, ионалмастырғыш сорбция кезінде аниондардың әрекетін анықтауда поляризациялық күштер жетекші рөл атқарады.

Плаксин И.Н. және Бейлин Ю.А. [4-5], аниондық поляризацияның рөлі туралы тұжырымдаманы жасау кезінде анионалмастырғыштардың аниондарға жақындығын салыстыру және бағалау үшін иондық сыну мәндерін бір валенттілікке жатқызу керек деген ұстанымды алға тартты. Шайырдың катиондық топтарымен комплексті анион түзетін байланыс. Бұл жағдайда күрделі қосылыстар үшін ұсынылған координаталық сынуларға ұқсас эквивалентті (тиімді) сыну арқылы әртүрлі валентті аниондардың сіңіргіштігін салыстыру мүмкін болады. Сыну шамасы неғұрлым үлкен болса, соғұрлым молекулалық массасы жоғары болғандықтан, бұл жағдайда шайырдың алмасу топтарымен анионның бір валенттік байланысына қатысты массаны пайдалануға болады, т.б. грамм эквиваленті.

Практикалық мақсатта ион алмасу тепе-теңдігінің графикалық көрінісін – ион алмасу изотермасын пайдалану ыңғайлы. Изотерма тұрақты температурада алмасу тепе-теңдігі (эквивалентті фракцияларда және басқа бірліктерде) орнатылған кездегі ион алмастырғыштағы және ерітіндідегі

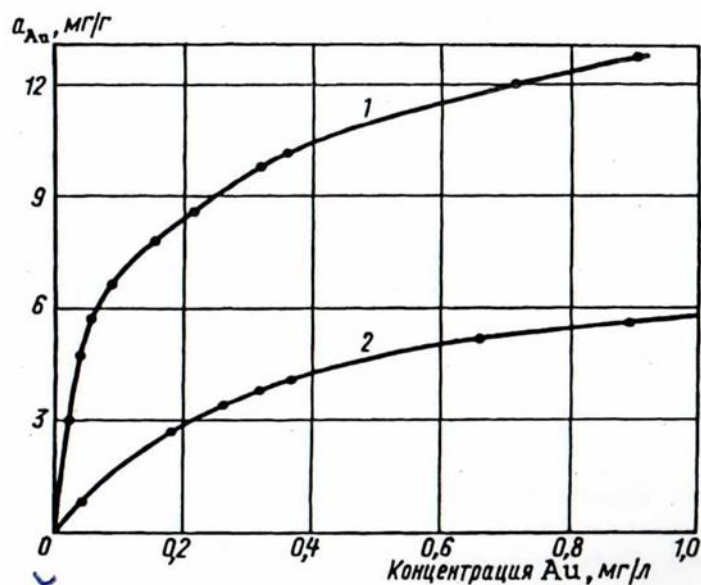
қарсы иондардың концентрациялары арасындағы байланысты білдіреді. $[Au(CN)_2]$ - сорбция изотермаларының мысалдары 5-суретте көрсетілген [6]. Бір компонентті алтын ерітіндісі жағдайында изотерма қисығы тік еңіске ие және кендерді цианидтеуден күрделірек технологиялық ерітінділерге қарағанда шайырдағы алтынның жоғары мөлшеріне сәйкес келеді. Соңғы жағдайларда аниониттің алтынға тепе-теңдік сыйымдылығы басқа аниондардың бәсекелес әсерінен күрт төмендейді.



1 – таза ерітіндіден; 2, 3 – технологиялық ерітіндіден

5 Сурет – Алтын сорбция изотермалары

6 [7] суретте $[Au(CN)_2]$ - технологиялық ерітіндіден макрокеуекті АМ-2Б анион алмастырғыш шайыр мен АМ гель анион алмастырғыш шайырдың сорбция изотермалары көрсетілген. Алтынның тепе-теңдік концентрациясы 0,8-0,9 мг/л болғанда екі функционалды АМ-2Б анион алмастырғыштың сыйымдылығы күшті негіздік АМ анион алмастырғышының сыйымдылығынан 2 есе жоғары. Алтынға арналған ерітінді концентрациясы төмен ($<0,1$ мг/л) аймағында макрокеуекті АМ-2Б анион алмастырғышы үшін изотерманың күрт көтерілуі өте маңызды, бұл оның жоғары селективтілігін көрсетеді. алтын.



1– АМ-2Б макрокеуекті құрылым; 2 – АМ гель құрылымы

6 Сурет – Әртүрлі анионалмастырғыштардағы технологиялық ерітіндіден алтынды сорбциялау изотермалары

1.2.1 Анионалмастырғыш шайырлар арқылы цианид ерітінділерінен алтынды сорбциялау кинетикасы және олардың сыйымдылық сипаттамалары

Ион алмасу кинетикасы не иониттік түйіршіктегі иондардың диффузия жылдамдығымен (гель, интрадиффузия кинетикасы), немесе иониттер дәнінің бетіне жақын орналасқан сұйық қабықша арқылы (үлдір, сыртқы диффузия) иондардың диффузия жылдамдығымен анықталады. кинетика). Кейбір жағдайларда екі кезең де алмасу процесін басқара алады [7].

Күрделі цианидті аниондардың сорбциялану жылдамдығы көп жағдайда олардың аниониттер дәнінің ішіндегі диффузия жылдамдығымен анықталады, яғни. гель кинетикасы. Бұл анионалмастырғыш түйіршіктерінің мөлшерінің азаюымен $[\text{Au}(\text{CN})_2]^-$ анионының сорбция жылдамдығының жоғарылауы, сондай-ақ диффузия мөндерінің шамамен константасы туралы тәжірибелік деректермен дәлелденеді. $[\text{Au}(\text{CN})_2]^-$ анионының коэффициенттері әр түрлі түйір өлшемдері мен әртүрлі жанасу ұзақтығында анионалмастырғышта.ерітіндімен (кесте 1), Бойд, Адамсон және Майерс әдісімен анықталады [8, 9].

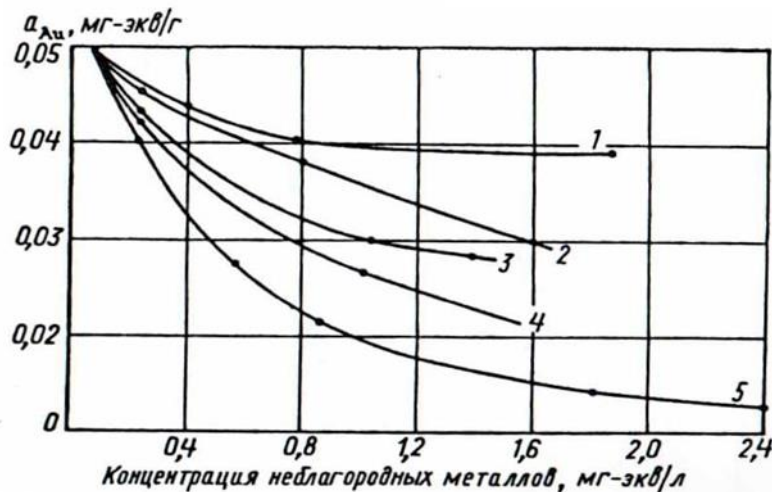
Технологиялық цианид ерітінділерінен алтынды сорбциялау кезінде аниониттің алтынға сыйымдылығы көп дәрежеде ерітіндідегі қоспалардың құрамына байланысты - олардың бәсекелес әсерінен күрделі цианид аниондары. Ерітіндідегі әр түрлі қоспа металдар концентрациясының АМ

анионалмастырғышының алтын сыйымдылығына 2,5 мг/л ерітіндідегі алтынның бастапқы мөлшері кезінде түсіретін әсері 7-суретте көрсетілген.

1 Кесте – $[Au(CN)_2]$ ионының D диффузия коэффициентінің мәндері - AP-2 анионитінің түйір өлшеміне байланысты

Ұзақтығы мен байланыс шешімі, h	D, түйіршік мөлшері cm^2/c , мм		
	-0,5 + 0,42	-0,8 + 0,6	-2,0 + 1,5
0,5	1.14 10-8	1.25 10-8	1.29 10-8
1.0	2.39 10-8	1.15 10-8	1,51 10-8
2.0	1.42 10-8	1.21 10-8	1,37 10-8
4.0	-	1.29 10-8	1,46 10-8
6.0	-	-	1,79 10-8

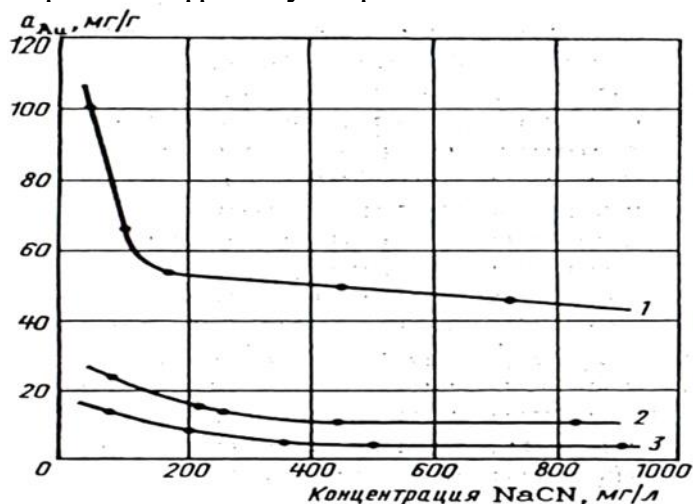
Басқа заттар тең болса, мырыш аниондары ең үлкен депрессиялық әсер етеді, одан кейін никель, кобальт, мыс және темір аниондары төмендеу ретімен келеді, кобальт анионын қоспағанда, тиімді иондық сынудағы өзгерістер қатарына сәйкес келеді. Ферроцианид ионы ең аз теріс әсер етеді. Әртүрлі аниондардың концентрацияларының қатынасы аниониттің алтынға сыйымдылығының мәні үшін маңызды. Ол ерітіндідегі $[Au(CN)_2]^-$ ионының концентрациясы жоғарылағанда көп және белсенді аниондар – қоспалардың салыстырмалы концентрациясы жоғарылағанда аз болады. Ерітіндідегі бос цианидтің концентрациясы да алтынға арналған анион алмастырғыштардың сыйымдылығына айтарлықтай әсер етеді.



1– Fe; 2 - Cu; 3 - Co; 4 - Ni; 5 - Zn

7 Сурет – Технологиялық ерітіндідегі металдар – қоспалар концентрациясының ($CAu = 2,5$ мг/л) сыйымдылыққа әсері алтынға арналған анион алмастырғыш АМ

8 [12, 13] суретінен АМ шайырының алтынға қатысты сыйымдылығы CN^- анионының концентрациясының жоғарылауымен айтарлықтай төмендейтіні және ол 300 мг/л дейінгі концентрация диапазонында әсіресе өткір болатыны шығады. NaCN үшін. Осыған байланысты цианид ерітінділері мен пульпалардан алтынды сорбциялау бос цианидтің мүмкін болатын ең төмен концентрацияларында жүргізілуі керек: 100-200 мг/л NaCN .



1 – синтетикалық ерітінді; 2, 3 – технологиялық шешімдерден кенді цианидтеу

8 Сурет – Ерітіндідегі NaCN концентрациясының сыйымдылыққа әсері алтынға арналған анионалмастырғыш АМ

Жұмыс цианидінің ерітінділерінде әдетте 100-200 мг/л CaO (ерітінді рН 10,0-11,0) концентрациясында бос қорғаныш сілті бар. рН жоғарылағанда, CN^- иондары сияқты алтынға арналған анионалмастырғыштың сыйымдылығы төмендейді. Керісінше, рН 7,0-8,0-ге дейін төмендегенде, алтынның сыйымдылығы айтарлықтай артады, бірақ анионалмастырғыштың селективтілігі төмендейді және процестің технологиялық режимінің қауіпті бұзылуы - ерітінділерді қышқылдандыру мүмкіндігі бар. Сондықтан алтынды сорбциялау процесін бос сілтінің минималды рұқсат етілген концентрациясы: 50-100 мг/л CaO немесе ерітінді рН 8,0-10,0 кезінде жүргізу керек [15].

Күміс цианидті анион $[\text{Ag}(\text{CN})_2]^-$ $[\text{Au}(\text{CN})_2]^-$ мен салыстырғанда анион алмастырғыштарға жақындығы төмен. Жоғары күміс аниондары $[\text{Ag}(\text{CN})_3]^{2-}$ және $[\text{Ag}(\text{CN})_4]^{3-}$ анион алмастырғыштарға жақындығы одан да төмен. Сондықтан сорбция процесінде күміс аниондары дицианаурат ионымен шайырдан ығыстырылады. Сорбция кезінде руда массаларынан бастапқыда тек алтын алынады, ал күмістің сорбциясы $\text{Au}:\text{Ag} = 1:1,5$ концентрация коэффициенттері орнатылғаннан кейін басталады, бұл шамамен 50 % алтынды сорбциялаудан кейін қол жеткізіледі. Күмісті шайырдан алтынмен ығыстыру өндірістік тәжірибеде дәлелденген.

Құрамында күмісі жоғары алтыны бар кендерді сорбциялық цианидтеу үшін АМ-2Б шайыры үшін аффинділік қатары берілген: сорбция $Au > Zn > Ni > Ag > Cu > Fe$ қатарында төмендейді. Көріп отырғаныңыздай, ұсынылған серияда күміс Ni және Cu арасында. Бұл жағдайда цианидті күміс аниондарының $[Ag(CN)_3]_2^-$ және $[Ag(CN)_4]_3^-$ сорбциясы байқалады, олар ерітінділерде бос $NaCN$ концентрациясының жоғарылауында қолданылады. құрамында күміс бар рудаларды цианидтеу. Три- және тетрацианоаргентат иондарының сорбциясы, сондай-ақ ерітіндідегі жеткілікті концентрациясында асыл емес металдардың, мырыш пен никельдің ең белсенді қоспаларымен басылады. Сонымен қатар, Дицианаргентат иондарының аниониттік фазаға жақындығы төмен $[Ag(CN)_3]_2^-$ және $[Ag(CN)_4]_3^-$ аниондарына ауысу мүмкіндігін ескеру керек шайырмен айтарлықтай мөлшерде сорбцияланған цианид иондарының концентрациясы. Демек, күмістің сорбциясы көп дәрежеде күміс иондарының түріне және ерітіндідегі алтын мен негізгі металдардың цианидті комплекстерінің және бос цианид иондарының концентрациясына байланысты. Қоспалардың күмістің сорбциясына теріс әсері алтынның сорбциясына қарағанда көбірек байқалады. Осыған байланысты мырыш пен никель аниондары ең белсенді, ал аз дәрежеде кобальт және темір аниондары [15]. күмістің сорбциясы көп дәрежеде күміс иондарының түріне және ерітіндідегі алтын мен негізгі металдардың цианидті кешендері мен бос цианид иондарының концентрациясына байланысты. Қоспалардың күмістің сорбциясына теріс әсері алтынның сорбциясына қарағанда көбірек байқалады. Осыған байланысты мырыш пен никельдің аниондары ең белсенді, ал аз дәрежеде кобальт пен темірдікі [45]. күмістің сорбциясы көп дәрежеде күміс иондарының түріне және ерітіндідегі алтын мен негізгі металдардың цианидті кешендері мен бос цианид иондарының концентрациясына байланысты. Қоспалардың күмістің сорбциясына теріс әсері алтынның сорбциясына қарағанда көбірек байқалады. Осыған байланысты мырыш пен никельдің аниондары ең белсенді, ал аз дәрежеде кобальт пен темірдікі [15].

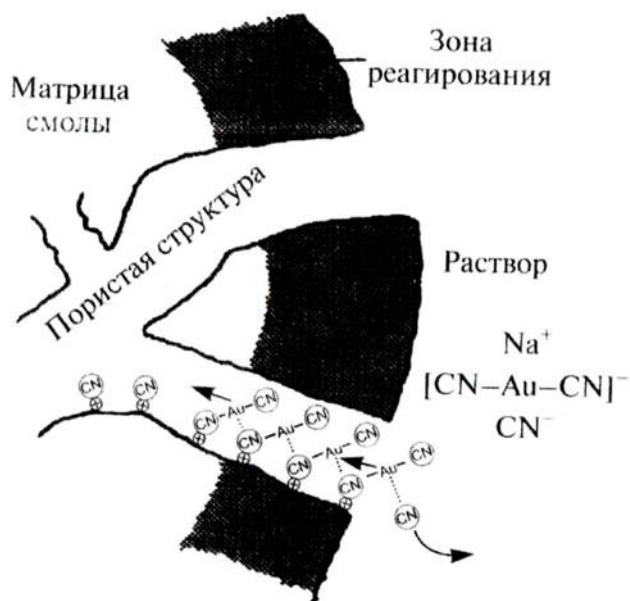
1.2.2 Алтынның ионалмасу сорбциясының механизмі

Сорбцияны ИҚ және Раман спектрлері арқылы зерттеу нәтижесінде алтынның (I) ерітіндіден шайырлы фазаға өтуі функционалдық топтардың жылжымалы анионының «таза» ион алмасуының нәтижесі екені анықталды. комплексті анион $[Au(CN)_2]^-$ [16, 17]. Адсорбцияланған күрделі металл цианидтерінің сипаттамалық сызықтары $2000-2200\text{ см}^{-1}$ жиілік диапазонында; адсорбцияланған әрекеттесу $C\equiv N$ байланысының симметриялық созылу тербелістері түрінде спектрлерде көрінетіні көрсетілген. $[Au(CN)_2]^-$ комплексі үшін $200-400\text{ см}^{-1}$ Раман спектрінде $Au-C$ байланысының созылу тербелістерін сипаттайтын екі шың пайда болады. Дәл осындай сәйкестендіру

FTIR спектроскопиясы арқылы жасалды. Мәліметтер алтын (I) шайырға тек $[\text{Au}(\text{CN})_2]^-$ [44] түрінде адсорбцияланатынын көрсетеді.

Хискей және Этт [18] алтын және күміс цианидті кешендерді селективті экстракциялау үшін арнайы синтезделген әлсіз негізді ПАЗ-4 шайыры ұқсас қасиеттерді көрсететінін көрсетті. Ұсынылған сорбция моделі шайырдағы барлық хлоридтік қарсы иондардың цианид иондарына алмасуына негізделген. Бұл болжам цианидті анионның хлорид ионына қарағанда сәл үлкенірек радиусы мен поляризациялану қабілетінің жоғары екендігіне негізделген.

[19] авторлары дицианаурат ионының матрицаға көпірлік байланыстың $(\text{R}-\text{NC}-\text{Au}-\text{CN})$ түзілуіне және алтын атомдары бекітілген цианидтер арасында «итерілгенде» «бильярд шары» эффектiсiне байланысты енуін ұсынды. топтары (9-сурет). Цианид ерiтiндiлерiнен алтынды сорбциялау тиiмдiлiгiне протонацияның әсерi үшiншi аммоний топтары бар екi әлсiз негiздi шайырларды қолдану арқылы зерттелдi: IRA-94S және МР-64 [20]. Егер рН 8-14 диапазонындағы бiрiншi шайыр алтынды сандық түрде бөлiп алса, рН 14-тегi МР-64 шайыры 50-75 % алтынды (*ceteris paribus*) бөлiп алады. Бұл мiнез-құлық протонация дәрежесiне байланысты әртүрлi сорбция механизмдерiмен анықталады. рКа-дан жоғары рН мәндерi кезiнде амин топтары келесi пiшiндi алады: $\text{RN}(\text{CH}_3)_2$,

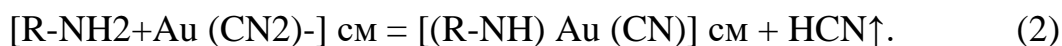


9 Сурет – Анионалмастырғыш шайырдың дицианаурат иондарымен қанығу механизмін сипаттайтын схема

Сонымен бірге FTIR спектроскопиясын қолдана отырып, алтын цианид кешенінің ионалмасу сорбциясы әрқашан иондық жұптың түзілуімен бірге жүрмейтіні көрсетілді.

Фавел және басқалары әлсіз негізді полидиалиленді шайырларға алтын цианидті комплексті адсорбциялаудың екі механизмін ұсынды. олардың

протонация дәрежесі бойынша емес. $pH < 13$ мәндерінде алтын анион алдымен (1) реакцияға сәйкес шайырдың функционалдық тобының протонымен әрекеттеседі, содан кейін амин тобымен байланысты қарапайым алтын цианидінің түзілуі жүреді (реакция (2)) [22]:



Ұқсас нәтижелер құрамында 16 % төрттік аммоний топтары бар полиамид негізіндегі аралас негізді шайырлар үшін де алынды [23]. Бұл шайырлар күшті негіздік шайырлар сияқты әрекет етеді, яғни. кең pH диапазонында қаныққан және сілтіліліктің қарапайым жоғарылауына байланысты алтынды десорбциялау қабілетін көрсетпейді. Осылайша, әлсіз негізді ионалмастырғыш шайырлар құрамында төрттік аммоний топтарының болуы оларды иондық тығыздығы төмен күшті негізділермен теңестіруге мүмкіндік береді. Мұндай екі функционалды шайырлардың алтын сыйымдылығын арттыру үшін олардың pK_a арттыру қажет.

Жаңа Зеландияда (Norten және TEA-BE) синтезделген екі анион алмастырғыш шайырлардағы алтынның, күмістің, түсті металдардың және темірдің цианидті кешендерін сорбциялау.) [24]. Екі шайырдың да Нотрен шайыры үшін егілген этил топтары және TEA-BE үшін эфир топтары бар полистирол-DVB діңгегі бар. Бұл шайырлардың жалғыз зарядталған катиондық орталықтары алтын және күміс цианидтерінің сызықтық кешендерін таңдамалы түрде адсорбциялайды, бірақ олар мыс (I), мырыш (II), темір (II) және (III), кобальт (III) және ішінара тетраэдрлік және октаэдрлік кешендерді итереді. жазық шаршы никель кешендерін адсорбциялайды. (II). Төменгі селективтілік сызықтық $[Cu (CN)_2]^-$ және үшбұрышты $[Cu (CN)_3]^{2-}$ мыс комплекстеріне қатысты көрінеді.

Көп жағдайда алтынды сорбциялау кезінде әлсіз негізді шайырлар бірдей әрекет етеді. бірдей матрицасы бар күшті негізгі. Аналогия температура, араластыру қарқындылығы және цианид ерітіндісінің иондық күші сияқты параметрлердің әсерін білдіреді. Айырмашылығы әлсіз негізді шайырлардың тепе-теңдік ион алмасу сипаттамаларын анықтайтын ең маңызды параметр ерітіндінің pH мәні болып табылады [25].

1.2.3 Алтынды десорбциялау және ион алмастырғыштарды регенерациялау әдістері

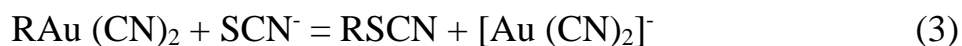
Цианид ерітінділерінен ионалмастырғыш сорбенттер арқылы алтынды сорбциялау бойынша сәтті тәжірибелер өнеркәсіптік қолданумен аяқталмады, бұл көбінесе десорбциялаудың сенімді әдістерінің болмауына және ион алмастырғыштың бастапқы қасиеттерін қалпына келтіруге байланысты.

Цианид ерітінділері мен целлюлозалардан асыл металдарды сорбциялау процесінде құрамында алтынның, күмістің, асыл емес металдардың сорбцияланған күрделі цианидті аниондары мен металл емес аниондары - SCN-, CN-, OH- және т.б. бар қаныққан анион алмастырғыштар алынады. Қаныққан анион алмастырғыштар сорбцияланған аниондарды десорбциялау және сорбция процесінде қайта өңдеу үшін олардың сорбциялық белсенділігін қалпына келтіру мақсатында регенерация процесінен өтеді. Сорбцияланған қосылыстарды шайырдан десорбциялау тиісті реагенттердің ерітінділерімен элюция (шаю) арқылы жүзеге асырылады, ал алтын мен күмісті кейіннен тауарлық өнім түрінде өндіре отырып, концентрлі ерітіндіге іріктеп экстракциялаған жөн. Басқа десорбцияланған компоненттер де мүмкіндігінше толық пайдаланылуы керек.

Бесталл мен Уэллс 1955 жылы минералды қышқылдармен араласқан органикалық еріткіштерді (ацетон, спирттер, этилацетат) қолдануды ұсынды. су [26]. Әдістің дамуының теориялық негізі қышқылдық ортада $[Au(CN)_2]^-$ -анион органикалық еріткішпен коваленттік байланыс түзеді және десорбциялайды деген болжам болды. Процестің жартылай өнеркәсіптік масштабтағы сынақтары Родезияда жүргізілді. Алтынның десорбциясы 60-100 % болатыны анықталды, алайда күміс, мыс және темір әлдеқайда нашар десорбцияланған. Сонымен қатар, десорбция үшін көп мөлшерде жанғыш заттар қажет болды.

Ивановский мен Урусова 1996 жылы алтынды десорбциялау үшін жоғарырақ органикалық спирттерді, атап айтқанда сілтілі ортадағы глицериннің 20 % ерітіндісін (десорбция кезінде циан қышқылының бөлінуін болдырмайтын) пайдаланды.) [27]. Бұл реагент жанғыш емес, бірақ қымбат.

Дэвисон мен Рид 1950 жылдардың аяғында алтынды десорбциялау үшін калий, натрий немесе аммоний тиоцианаттарын (сілтілі ортада) пайдалану ұсынылады. [27]. Технология жартылай өнеркәсіптік масштабта сыналған, оңтайлы концентрациялар 220-380 г/дм³ NH₄SCN және 10-20 г/дм³ NaOH болды. Алтынды десорбциялау процесі анион алмасу реакциясына сәйкес жүрді:



Алтынның, күмістің және негізгі қоспалардың шайырдан десорбциясы бөлме температурасында қанағаттанарлық түрде жүретіні көрсетілген, алайда әдістің елеулі кемшіліктері бар. Десорбция процесінде шайыр SCN⁻ формасына зарядталды, нәтижесінде ерітіндімен (пульпамен) сорбциялау сатысында біршама қымбат роданид жоғалды; бұдан басқа, тиоцианат түрінде алтынды шайырмен алу шамалы. Сондықтан шайырды сорбцияға қайтарар алдында қайта зарядтау үшін оны күкірт қышқылы ерітінділерімен өңдеді, алайда оның қажетті көлемі (тиоцианаттың 1 көлеміне 500 көлемге дейін) процесті экономикалық тұрғыдан қолайсыз етті.

Алтыннан басқа тиоцианатты сілтілер күмістің, мыстың, никельдің, кобальттың және темірдің күрделі цианидтерін, бос цианид иондарын және гидроксил иондарын десорбциялайды. Тиоцианаттар мырыш цианидінің қосылыстарын десорбцияламайды, бірақ соңғылары әдетте тиоцианат ерітіндісінде болатын сілтімен экстракцияланады.

Дициануриат ионының ең тиімді десорбенті тиокарбамидтің (тиокарбамид) әлсіз қышқылды ерітінділері болып табылады. Тиомочевинаның элюциялық қабілеті оның жоғары поляризациялануымен және күрделі түзілуімен түсіндіріледі. әрекеттесу кезінде $[Au(CN)_2]$ - қышқыл ортада цианид ионын ығыстырып, алтынды күкірттің бос электрондары арқылы катиондық комплекске (Рейнольдс бойынша) $Au[SC(NH_2)_2]_2^+$ байланыстырады, ол анион алмастырғышта ұстай алмайды.

Ұқсас реакция күкірт қышқылды орта жағдайында жүреді, оны тәжірибеде қолданған дұрыс [28].

Бұл жағдайда шайыр хлор немесе сульфатты түрге, ал босатылған CN^- иондары HCN-ге өтеді. Алтынның элюциясы реакцияға сәйкес жүреді:



Алтын элюциясының толықтығы тиокарбамид ерітіндісіндегі (ТМ) концентрациясының жоғарылауымен қаныққан 9,1 %-ға дейін артады. HCl концентрациясының өзгеруі кезінде 1,9-2,3 % HCl концентрацияларына сәйкес келетін элюция қисығында максимум байқалады. HCl концентрациясының одан әрі 10 %-ға дейін жоғарылауымен тиокарбамид элементтік күкірттің бөлінуімен ыдырайды.

үшін тәжірибеде алтынды десорбциялау, НМ 90 г/л + 20-25 г/л күкірт немесе тұз қышқылы концентрациясы бар ерітінділер қолданылады. Элюция процесі шайыр көлеміне шаққанда ерітіндінің 10 көлеміне дейін созылады, бірақ алтынның көп бөлігі NH_4SCN -ге қарағанда бай ерітіндінің алғашқы 4-6 томында шоғырланған. Ерітіндінің алғашқы 1-2 көлеміндегі алтынның мөлшері төмен, бұл шайырдың ГМ сіңіруімен байланысты, ол анионалмастырғыштың салмағы бойынша 10 % жетуі мүмкін. Бұл жағдай тәжірибеде жұмыс ерітінділерінен ЖМ алу үшін қолданылады. Дициануриат ионынан басқа, ГМ әлсіз қышқыл ерітінділері күмісті, мысты, никельді, мырыш пен темірді десорбциялайды, кобальт дерлік алынбайды [28].

Қышқыл НМ ерітінділері температураның 50-60 °С дейін көтерілуімен алтынды толық және тезірек десорбциялайды. Анионалмастырғыштардың термиялық тұрақсыздығына байланысты жоғары температураны пайдалану мүмкін емес.

Анионалмастырғыштардың (АМ, АМ-2Б) селективті регенерациясының сұлбасы, Б.Н. Ласкорин және т.б. [29], оған целлюлозалар мен шөгінділердің құм фракциясынан қаныққан шайырды жуу, мыс және темір цианиді қосылыстарын NaCN ерітіндісімен десорбциялау кіреді. Процесс шарттары: ерітінді концентрациясы 40-50 г/л NaCN, ерітінді температурасы 50-60 °С,

ерітінді мөлшері 1 шайыр көлеміне 5 көлем, ерітінді беру жылдамдығы 1-2 м/сағ, процесс ұзақтығы 20-25 сағат, бағандар саны 2; мыс шайырындағы қалдық концентрациясы 0,5 г/кг дейін, темірде 0,5-1,0 г/кг дейін. Шайыр цианидті түрге өтеді, ал құрамында көп бос цианид бар цианид элюаты шайырды NaCN ерітіндісіндегі сумен жуғаннан кейін целлюлоза цианидтеу цикліне жіберіледі. Мырыш пен никельдің цианидті қосылыстары және бос цианид концентрациясы 20-25 г/л болатын күкірт қышқылының ерітіндісімен десорбцияланады. Ұсынылған схема бойынша алтын мен күмісті десорбциялауды концентрациясы 80-90 г/л + 20 г/л H₂SO₄ ГМ аздап қышқыл ерітіндісімен жүргізеді. Асыл металдарды десорбциялау процесі ГМ күкірт қышқылы ерітіндісінің аз көлемімен және алтын бойынша концентрлі элюаттарды алу қажеттілігіне байланысты ұзақ уақыт бойы және алтынның элюциясының төмен жылдамдығымен жүргізіледі. Процесс шарттары: ерітіндінің мөлшері шайырдың 1 көлеміне 4-5 көлем, температура 50-60 °С, ерітінді беру жылдамдығы 1-2 м/сағ, процесс ұзақтығы 60-75 сағат, бағаналар саны 4-5, қалдық алтын мөлшері анионалмастырғыш - 0,3 г/кг артық емес; Айналымда олардан алтын мен күмісті тұндырғаннан кейін ГМ ерітінділері қолданылады.

Құрамында 0,1-0,3 г/кг мөлшерінде алтын және қоспалар мөлшері - 3 г/кг аспайтын регенерацияланған шайыр сорбция сатысына қайтарылады.

Алтын мен күміс электролиз немесе химиялық тұндыру арқылы НМ элюция ерітіндісінен алынады.

Қышқыл ерітіндісін қалпына келтіру аппаратынан алынған газдар HCN сіңіру және цианид процесінде қолданылатын NaCN немесе Ca(OH)₂ ерітіндісін алу үшін сілтілі абсорбер арқылы өтеді.

Шайырды регенерациялау кезінде қышқыл-тиокарбамид схемасы бойынша 1 тонна өңделген рудаға реагенттер шығыны, г/т: натрий цианиді 500-600, күкірт қышқылы 250-300, каустикалық сода 250-300, тиокарбамид 200- 300.

Технологияның кемшіліктеріне мыналар жатады: схеманың күрделілігі мен көп операциялық сипаты; регенерация процестерінің ұзақ ұзақтығы (250-300 сағ), реагенттерді тұтынудың айтарлықтай мөлшері; күшті, ыстық цианид ерітінділерін қолдану және мыс пен темірден басқа, алтынның 10 % дейін және күмістің 50 % дейін десорбциясы; ортаның рН-ын сілтіліден қышқылға, содан кейін қышқылды сілтіліге өзгерту, бұл анионалмастырғыштың беріктігін төмендетеді және оның жоғалуын арттырады.

Ұсынылған нитрат-сілтілі регенерация схемасына мырыш, никель және цианидті 5 % H₂SO₄ ерітіндісімен десорбциялау (шайырдың 1 көлеміне 10 көлем), алтынның, күмістің және мыстың аздап қышқылды НМ ерітіндісімен (50 г) электроэлюциясы кіреді. НМ + 20 г/ л H₂SO₄, шайырдың 1 көлеміне 2,5-3,0 көлем) және аммоний нитратының сілтілі ерітіндісімен (160-240 г/л NH₄NO₃ + 40 г/л NaOH) темір, кобальт және күкірт қосылыстарын десорбциялау, 1 көлемді шайырға 6-10 том). Жартылай өнеркәсіптік

масштапта схеманың негізгі компоненттерін сынау оң нәтиже берді. Схеманың кемшіліктері – мысты алтынмен және күміспен бірге элюциялау, бұл металдардың электродпозициялану шарттарын нашарлатады және айналымдағы ГМ ерітінділерін мыстан қосымша тазарту операциясын қосуды талап етеді [29].

Реагенттер ретінде қышқылдар қолданылатын шайырды регенерациялау схемаларының жалпы кемшіліктері улы қосылыстардың - HCN бөлінуі және қышқылға төзімді жабдықты пайдалану қажеттілігі болып табылады.

Цианаттар тобының қосылыстары сілтілі элюент ретінде сыналған, оның ең перспективалысы оның оңтайлы концентрациясы 38 % болған аммоний тиоцианаты болды [30].

Тек сілтілі ерітінділерді қолданатын регенерация схемасы АВ-17, АМ, АН-18, АП-2, АМ-2В шайырларында зерттелді [31]. Сұлба келесі негізгі операциялардан тұрады: темір, мыс, мырыш, кобальт және бос цианид ионының цианидті қосылыстарын 50 температурада 120-150 г/л NaCl және 20-40 г/л NaOH аралас ерітіндісімен десорбциялау. -60 °С. Десорбция дәрежесі болды, %: Fe 87,1-100; Cu 81,0-89,9; Zn 95,9-99,2; Ni 14,0-53,2; Co 406-70.0; Au 1,8-5,8; Ag 35,3-62,2. Қоспа металдар АМ-2В және АП-2 анионалмастырғыштарынан толығымен десорбцияланды. Алтынды және басқа металдарды элюциялау 10-20 г/л NaOH араласқан 150-250 г/л NH₄SCN ерітіндісімен 50-60 °С температурада алдыңғы операцияларға ұқсас жағдайларда жүргізілді. Компоненттердің элюция дәрежесі алынды: алтын 92,1-96,0 %, күміс 37,53-64,14 % және негізгі металдардың көпшілігі. Анион алмастырғыштардағы металдардың қалдық мөлшері: алтын 0,06-0,34 мг/г, күміс 0,02-0,07 мг/г, негізгі металдар мөлшері 0,58-1,86 мг/г құрады. Роданид иондарының десорбциясы 30-120 г/л NaCl немесе 40-160 г/л NH₄NO₃ ерітіндісімен шайырдың 1 көлеміне 20-30 көлем ерітінділерді тұтыну кезінде және 20 температурада динамикалық элюция кезінде жүргізілді. °С, ал анионалмастырғыш хлоридті немесе нитраттық түрге өтіп, абсорбцияға оралады.

Схеманың негізгі кемшілігі - анион алмастырғыш шайырдан роданид ионын десорбциялау қажеттілігі. Бұл процестің қиындықтары тиоцианатты сілтілердің регенерациясын жеткіліксіз білуде, сондай-ақ хлорид ерітіндісімен күмісті алудың айтарлықтай мөлшерінде.

Қаныққан анионалмастырғыш АМ-2В селективті регенерациясының тиоцианатты-сілтілі схемасы қызығушылық тудырады [32]. Схеманың ерекшелігі - бұл процесс үшін әртүрлі концентрациядағы тиоцианатты-сілтілі ерітіндіні пайдалану. Схема келесі негізгі операцияларды қамтиды: 40-50 °С температурада 10 г/л NH₄SCN және 10-25 г/л NaOH концентрациясы бар тиоцианатты-сілтілі ерітіндісімен қоспаларды - темір, мыс және мырышты ұжымдық десорбциялау. 3-4 сағ. Сонымен бірге тиоцианатты-сілтілі элюатқа келесілер өтеді: қоспалар 90-95 %, күміс 26-50 % және алтын 2,6-3,8 %. Элюаттың белгілі бір артық мөлшерімен және жуу ұзақтығының ұлғаюымен күмісті қалпына келтіруді толық дерлік арттыруға болады. Алтынның кейінгі

таңдамалы элюциясы 170-250 г/л NH_4SCN ерітіндісімен 40-50 °С температурада 6-7 сағат ішінде электрохимиялық тұндырумен жабық циклде жүреді.

Тиоцианатты-сілтілі ерітіндімен экстракцияланған алтын мен күміс қоспалармен бірге активтендірілген көмірмен, ал күміс мөлшері жоғары электролиз арқылы тұнбаға түседі.

АМ-2Б анионалмастырғышы бар тәжірибелік зауытта сыналған роданидті-сілтілі регенерация схемасы жақсы нәтиже берді. Регенерациядан кейін барлық бақыланатын элементтер үшін жалпы қалдық сыйымдылығы 1,5 мг/г кем, күкірті бар өнімдер үшін – 16-19 мг/г шайыр алынды.

Бұл сұлбаның артықшылығы оның салыстырмалы қарапайымдылығы, тек сілтілі сілтілі ерітінділерді қолдану, процесті айтарлықтай жеделдету және шайыр регенерациясының жеткілікті жақсы дәрежесі болып табылады.

Схеманың негізгі кемшілігі – шайырдан роданид иондарын десорбциялау қажеттілігі және бұл процестің қиындығы, артық ерітінділерден тиоцианатты сілтінің регенерациясының болмауы және ерітінділерді бейтараптандыру кезінде тиоцианат пен цианид иондарының ыдырауы, бұл осы қымбат реагенттерді тұтыну.

1.2.4 Алтынмен байланысты металл қоспаларының цианидті кешендерінің элюциясы

Айналымдағы ионалмастырғыштарды, сорбциялық-десорбциялық циклде сәтті қолдану үшін шайыр фазасынан сорбцияланған компоненттерді толығымен алып тастау қажет.

Асыл металдарды десорбциялау үшін әртүрлі элюционды ерітінділер сыналған. кешені екені анықталды $[\text{Au}(\text{CN})_2]$ - кәдімгі регенерациялаушы ерітінділердің көмегімен (натрий хлориді, аммоний хлориді, тұз және күкірт қышқылдары, натрий немесе аммоний гидроксиді, сілтілі металл карбонаттары және басқа реагенттер) тек ішінара және селективті емес түрде жуылады.

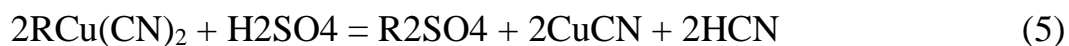
Анионалмастырғыштарды регенерациялау процесінде асыл металдармен және қоспалармен бірге ең толық десорбцияға қол жеткізу қажет. Ілеспе металдардың ілеспе экстракциясы олардың қосымша көзін жасауға мүмкіндік береді. Шайырда қалған қоспалар, оны сорбциялау процесінде қайта пайдаланғанда, процестің кинетикасын нашарлатады, шайырдың бағалы металдар үшін сыйымдылығын төмендетеді, қалдық қоймасының сұйық фазасында еріген алтынның жоғалуын арттырады. Толық емес регенерацияның әсері неғұрлым маңызды болса, анион алмастырғышта соғұрлым көп қоспалар қалады. Тәжірибе көрсеткендей, регенерациядан кейін анионалмастырғыштағы қалдық компоненттердің мөлшері болуы мүмкін: алтын - 0,1-0,3 мг-ден аспайды, қоспалар - 1 г ауа-күрғақ сорбентке 3-5 мг артық емес. Қалдық қоспалардың шамасы 10–12 мг/г артық болғанда,

сорбциядан кейін ерітіндідегі алтын концентрациясының айтарлықтай жоғарылауы байқалады, яғни. ерітілген алтынның қалдықтармен бірге жоғалуы артады [33].

Төменде цианид ерітінділерімен тепе-теңдік жағдайында анионалмастырғыш шайырлардан металл қоспаларының десорбциясы туралы деректер келтірілген.

[Cu(CN)_n]ⁿ⁻¹ десорбциясы. Мыс цианидінің аниондары алтынмен бірдей концентрациядағы әлсіз қышқылды НМ ерітінділерімен, сондай-ақ 50–75 г/л NH₄SCN + 10–20 г/л NaOH концентрациясы бар аммоний тиоцианатының сілтілі ерітіндісімен тиімді десорбцияланады. Мыс аниондары 50-60 °C температурада концентрациясы 40-80 г/л NaCN + 0,1 г/л NaOH натрий цианидінің ерітіндісімен жақсы десорбцияланады. 1 шайыр көлеміне 10 көлемге дейін жұмсалған кезде ерітіндіге мысты алу 70-90 % құрайды.

Құрамында күрделі мыс цианидтері бар шайырды минералды қышқылдар (2% күкірт немесе тұз қышқылы) ерітінділерімен өңдеу кезінде комплекстер келесі реакциялар бойынша ыдырайды:



Күрделі қосылыстардың шайырлы фазада ыдырауы нәтижесінде қарапайым мыс цианидінің тұнбасы түзіледі. CuCN, ол ион алмастырғышта қалады, сондықтан мыс десорбцияланбайды. Бұл кезде иондардың қатысуымен циан қышқылы (HCN) түрінде бөлінетін цианидтің жартылай түзілуі байқалады, %: [Cu (CN)₂]⁻ - 50; [Cu (CN)₃]₂⁻ - 66,6; [Cu (CN)₄]₃⁻ [34].

Мысты элюциялау үшін бір валентті мысты формаға көшіру арқылы мыс цианидінің тұнбасын тотықтыру керек. Cu₂⁺ анион алмастырғышта ұсталмайды және ерітіндімен бірге кетеді. H₂SO₄ ерітіндісінде тотықтырғыш ретінде Fe₂(SO₄)₃ (1,3 %) қолданғанда элюция реакцияға сәйкес жүреді:



Бұл жағдайда цианид толығымен регенерацияланады. Өтініш берген жағдайда FeCl₃ тотықтырғыш ретінде HCl қолданылуы керек.

Осылайша, күкірт және тұз қышқылдарының ерітіндісін тотықтырғышпен қолдану цианидтің толық регенерациясымен бір мезгілде мысты элютациялауға мүмкіндік береді, бұл И.Н. Плаксина мен М.А. Кожухова цианидті ерітінділерді регенерациялау кезінде алынған [35].

Шөгінді CuCN-ді шайырдан күшті (40-50 г/л) NaCN ерітіндісімен де алуға болады.

Аталған реагенттерден басқа, мыс цианидінің аниондарының десорбциясы мүмкіналмасу реакциясы бойынша концентрациясы 150-175 г/л NaCl ерітінділерімен түзіледі:



[Zn(CN)₄]²⁻- десорбциясы. Реакцияға сәйкес 20-22 г/л концентрациядағы H₂SO₄ сұйылтылған ерітінділерімен мырыш шайырдан жақсы шығарылады:



Бұл жағдайда цинк цианидті комплекс ыдырайды, мырыш катион түрінде өтеді. Zn²⁺ анион алмастырғышта ұсталмайды, цианид толығымен регенерацияланады.

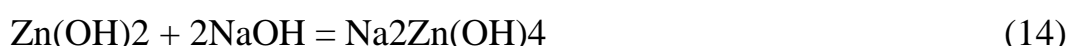
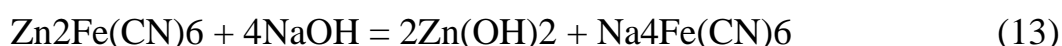
Өтініш берген жағдайда HCl, 0,1 Н концентрациясы бар сұйылтылған ерітінділерді пайдалану керек. (3-5 г/л) HCl, өйткені 0,5 н концентрацияда. Шайыр фазасындағы HCl және цианидті комплекс ZnCl₄²⁻ хлоридті комплекске айналады:



Бұл жағдайда ерігіш ZnCl₂ тұзының түзілуімен ZnCl₄²⁻ анионының ыдырауына байланысты мырыш шайырдан оны сумен келесі жуу кезінде жойылады.

Шайырда ферроцианид иондары болған жағдайда [Қышқыл ортадағы Fe(CN)₆]⁴⁻ мырыш катиондары олармен шайырда қалатын Zn₂[Fe(CN)₆] және H₂ [ZnFe(CN)₆] тұнба түзеді. Осы себепті мырыштың қышқылды десорбциялау дәрежесі төмендейді.

Циандық мырыш қосылыстары ерітінділермен тиімді элюцияланады NaOH концентрациясы 40-50 г/л [35]. Бұл жағдайда келесі реакциялар жүреді:

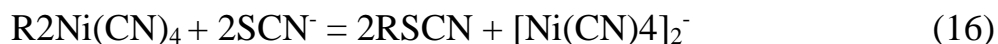


Алынған гидратталған цинкат-ион [Zn(OH)₄]²⁻ сулы фазаға өтеді. Ферроцианид ионы [Fe(CN)₆]⁴⁻ анион алмастырғышпен ішінара сорбциялануы мүмкін.

Күрделі цинк цианиді аммоний тиоцианаты және натрий хлориді ерітінділерімен әлсіз элюцияланады, бірақ бұл ерітінділерге қосымша 20 г/л мөлшерінде NaOH шайырдан мырыштың алынуын күрт арттырады.

Тетрацианозинкат ионы да ерітіндімен сәтті десорбцияланады 250 - 400 г/л NH_4NO_3 + 10 г/л NH_4OH .

$[\text{Ni}(\text{CN})_4]^{2-}$ - десорбциясы. Күрделі никель иондары, сондай-ақ мыс аниондары әлсіз қышқыл НМ ерітіндісімен, сондай-ақ NH_4SCN сілтілі ерітіндісімен белсенді түрде десорбцияланады. Соңғы жағдайда десорбция алмасу реакциясы арқылы жүреді.



Никель реакцияға сәйкес күкірт қышқылының сұйылтылған ерітінділерімен (20-25 г/л) тиімді элюцияланады:



немесе тұз қышқылының (10-20 г/л) ерітінділері. Процесс цианидтің толық регенерациясымен жалғасады.

NH_4NO_3 концентрациясы 250 г/л никельді ішінара десорбциялайды (шамамен 40 %). NaCN , NaOH , NaCl ерітінділері іс жүзінде никель цианидін десорбцияламайды.

$[\text{Co}(\text{CN})_4]^{2-}$ - десорбциясы. Кобальт цианидінің анионы қаныққан анион алмастырғыш шайырдың құрамында болады, әдетте аз мөлшерде (1 мг/г артық емес), бірақ оның десорбциясы қиын. $[\text{Co}(\text{CN})_6]^{4-}$ 150-375 г/л NH_4SCN ерітіндісімен, ішінара (30-60 %-ға дейін) - 225-250 г/л NH_4NO_3 , 180 г/л ерітінділермен ең тиімді элюцияланады. NaCl + 20 г/л NaOH , 50-100 г/л NaCN . Кобальттың десорбциясы температураның 50-60 °С дейін жоғарылауымен жоғарылайды.

Цианид ионының десорбциясы CN^- . Цианид ионын реакцияға сәйкес концентрациясы 10-20 г/л күкірт немесе тұз қышқылдарының ерітінділерімен регенерациялайды:



Гидроциан қышқылы HCN NaOH немесе $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ерітіндісімен сіңеді және NaCN немесе $\text{Ca}(\text{CN})_2$ цианид ретінде циандау процесіне қайтарылады.

цианид ионы CN^- сонымен қатар NH_4SCN , NH_4NO_3 , NaCl , NaCl , NaOH және т.б. ерітінділермен десорбцияланады, олардың аниондары оны шайырда ауыстырады.

Қоспа аниондарының десорбциясы $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$, SO_3^{2-} және т.б. концентрациясы 40-50 г/л болатын NaOH ерітінділерімен сәтті жүргізілуде [35].

1 тарау бойынша қорытынды

Әдебиет деректерін талдау мынадай қорытынды жасауға мүмкіндік береді:

– өңделген кендердегі алтын құрамының ұдайы төмендеуі және құрамында нашар және баланстан тыс алтыны бар шикізатты өндіруге тартылу оны үйінді цианидті шаймалаудың тиімді және экономикалық тиімді әдісін әзірлеуге әкелді;

– цианид ерітінділерінен алтынды бөліп алу үшін келесі әдістерді қолдануға болады: мырыш немесе алюминиймен тұндыру, ионалмастырғыш шайырлармен немесе белсендірілген көмірлермен сорбциялау. Цианидті процестің дамуының басынан бастап және соңғы уақытқа дейін цианид ерітінділерінен асыл металдарды тұндырудың негізгі және іс жүзінде жалғыз әдісі мырышпен цементтеу болды. Дегенмен, соңғы жылдары сорбция әдістеріне қызығушылық артуда;

– құрамында алтыны бар күрделі кендерді активтендірілген көмірмен сорбциялау арқылы өңдеу кезінде сілтісіздендіруге берілетін айналымдағы ерітіндіде металл қоспаларының жиналуы, шаймалау жылдамдығын бірте-бірте төмендетеді және алтынның концентрациясын төмендетеді. сорбция үшін берілген ерітінді. Анион алмастырғыш шайырларды алтын сорбент ретінде қолдану бұл мәселені шешеді, өйткені мыс, мырыш, кобальт сияқты металдардың цианидті кешендері ион алмастырғыш шайырмен алтынмен бірге сорбцияланады және айналымдағы ерітіндіден алынады;

– сорбциялық-десорбциялық циклде сорбенттерді ұзақ уақыт пайдалану үшін асыл металдардың да, қоспалардың да толық дерлік десорбциясын қамтамасыз ету қажет, өйткені шайырда қалған металдар шайырды қайта пайдалану кезінде оның сыйымдылығын төмендетеді. Осыған байланысты маңызды технологиялық міндет сорбентті регенерациялау және оны одан әрі пайдалануға дайындау;

– Алтынға қатысты ең тиімді десорбциялық қасиеттерді құрамында 8–9 % $CS(NH_2)_2$ және 2,0–2,5 % күкірт немесе тұз қышқылдары бар тиокарбамидтің қышқыл ерітінділері көрсетті. Қаныққан шайырларда болатын никель, әдетте, салыстырмалы түрде аз мөлшерде (~ 2,5 мг/л), ал мыс тиокарбамидтің қышқыл ерітінділерімен толығымен алынады. Оның үстіне бастапқы шайырдағы мыстың мөлшері 3-5 мг/т аспауы керек, әйтпесе алтынның толық емес десорбциясы болады. Мырыш пен темір тиокарбамид ерітінділерімен әлсіретіледі, кобальт іс жүзінде десорбцияланбайды.

Алтынды десорбциялау және шайырды регенерациялаудың қолданыстағы технологиялары иониттік фазадан барлық металл қоспаларының толық алынуын қамтамасыз ете алмайды. Қаныққан анионалмастырғыштарды регенерациялау сұлбалары іске асырудың күрделілігімен, көп операциялылығымен, операциялардың ұзақтылығымен және реагенттердің айтарлықтай шығынымен сипатталады.

Қаныққан сорбенттен алтынды және ілеспе қоспаларды дәйекті элюциялаудың тиімді технологиясын жасау, оның сорбция процесіне қайта

оралуымен ионалмастырғышты регенерациялауды қамтамасыз ету маңызды ғылыми және практикалық міндет болып табылады.

Таңдалған зерттеу бағытын негіздеу, сонымен қатар осы диссертациялық жұмыстың 1-бөлімінде келтірілген ғылыми әдебиеттерді талдау зерттеудің мақсатын, объектісі мен пәнін және зерттеу міндеттерін қоюға мүмкіндік берді.

2 Тәжірибелік бөлім

2.1 Эксперименттер және талдау әдістері

Сорбциялық экстракция – алтын өндіру өнеркәсібіндегі прогрессивті бағыт. Сорбциялық цианидтеу синтетикалық ионалмастырғыш және белсендірілген көмірлер көмегімен жүзеге асырылатыны белгілі.

ТМД елдерінде цианидті целлюлозалардан асыл металдарды алудың сорбциялық технологиясы негізінен анион алмастырғыштарды қолдануға негізделген. Түйіршікті белсендірілген көмірлер, кейбір жағдайларда ұнтақ түріндегі белсендірілген көмірлер ерітінділерден алтын алу үшін қолданылады (қоюландырғыш дренаждар), олар қаныққаннан кейін пирометаллургиялық өңдеуге жіберіледі.

2.2 Шикізат

Алтынның сорбциясын зерттеу кезінде 2–10 мг/дм³ металл концентрациясы бар үлгідегі алтын бар ерітінді дайындалды.

Сорбент ретінде қолданылатын Өнеркәсіптік ауқымда кеңінен қолданылатын АМ-2Б шайыры және белсендірілген көмір Naусarb 00-60.

АМ-2Б – анионалмастырғыш макрокеуекті құрылым; стирол және ДВБ сополимері түріндегі матрицаны қамтитын, ботаникалық хлорметил эфирі және екіншілік және ТРЕ қоспасымен аминирленгентіптік аминдер. ДВБ мазмұны 10÷20 % құрайды. Саны күштінегізгі және әлсіз негізгі топтары бірдей 50 %. 2.1-кестеде АМ-2Б шайырының негізгі қасиеттері көрсетілген. бойынша өндірілген Мәскеу кәсіпорны (ХИППЭК) ТУ 20.16.59-001-32098070-2018 сәйкес.

2.1 Кесте – АМ-2Б шайырының сипаттамасы

Шикізат базасы	Белсенді топтар	SOE, 0,1 н ерітіндідегі мг-экв/г		Максималды жұмыс температурасы, °С
		HCl	H ₂ SO ₄	
Стирол, дивинилбензол, триметиламин	$-N^+(R)_3$, $-N^+(CH_3)_3$	3.20	-	50-60

Белсендірілген көмір – негізінен көміртект атомдарынан тұратын күрделі құрылымды көміртекті жоғары кеуекті адсорбциялық орта. Белсендірілген көмір кокос қабығынан, шымтезектен, қатты ағаштардан, жұмсақ ағаштардан,

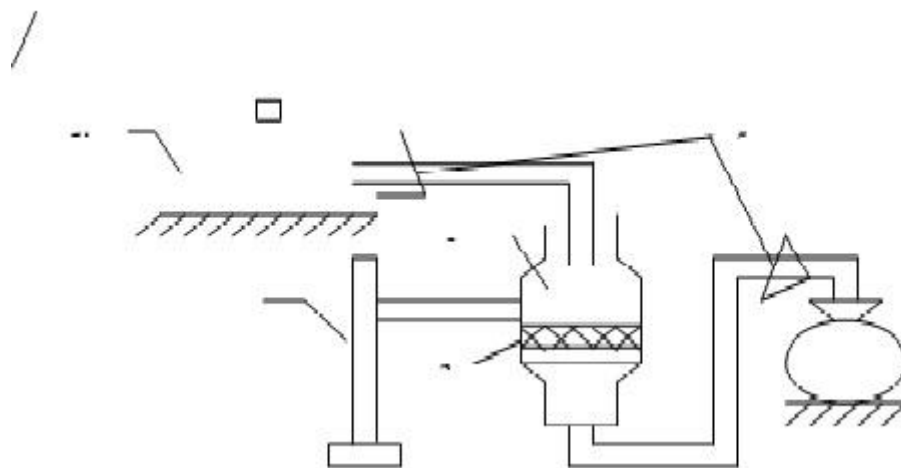
битуминозды көмірден, зәйтүн шұңқырларынан және әртүрлі арнайы көміртекті материалдардан жасалған. Naусarb YA00-60 Жоғары тығыздықтағы белсендірілген көмір өте жоғары алтынды сіңіру жылдамдығы мен сыйымдылығы бар тамаша адсорбциялық кинетикаға ие.

2.3 Зерттеу әдістері

Сорбция - модельдік шешімдерден алынған алтындинамикалық және статикалық жағдайларда жүзеге асырылды.

Статикалық алмасуды жүзеге асыру прессте сыйымдылығы 2 дм³ екі конустық колба 1 дм³ алтын құрамға құйылды. Концентрациясы бар ерітіндіні құрамында алтыны 2÷10 мг/дм³. Әрқайсысында салыстыру үшін контейнерге 1,5 мл АМ-2Б шайыры қосылды.

Колоннаға тиеу кезінде динамикалық жағдайда сорбция жүргізу үшін немесе 1,5 мл АМ-2Б. Құрамында алтыны бар модельдік ерітінді түзілген ион алмастырғыш қабат арқылы өтті. Алдын ала мәліметтер бойынша, таралу жылдамдығы баған арқылы ұры 40 см³/сағ сақталды. Құрамында алтыны бар үлгі ерітіндісі серпіліс болғанша өтті, шайыр аналықтан бөлінгенсон ерітінді, жуылады және құрамындағы алтынға талдау жасалады. Орнату схемасы 2.2-суретте көрсетілген.



- 1 – бастапқы ерітіндісі бар ыдыс; 2 – ион алмасу колонкасы;
3 – ион алмастырғыш; 4 - штатив; 5 – крандар.

2.1 Сурет – Алтынды сорбциялауға арналған қондырғы

ИК – спектроскопия. Зерттелетін сорбенттердің абсорбциялық спектрлері Spесrord M-80 спектрофотометрінде 200-4000 см⁻¹ диапазонында көрсетіледі.

Талданған материалдардың үлгілері бір сағаттық өлшемдегі ұнтақ күйінде ұсақталды. Бөлшектер 5 мкм аспайтын және вазелин майымен араластырылған, кварц кюветінің екі терезесінің арасына орналастырылған.

Алтынмен қаныққан иониттер, тиісінше калий бромиді және цезий йодидімен ұсақталған және престелген таблеткалар түрінде фотометрленген.

pH сулы ерітінділер әмбебап ион көмегімен анықталды. Шыны және күміс хлоридті электродтармен «EV-74» немесе *pH*-метр «*pH*-150» өлшенді. *pH* анықтау дәлдігі $\pm 0,05$ бірлік. Барлық зерттеулер, өлшеулер және талдаулар метрологиялық қызметтердің мемлекеттік тексеруінен өткен аспаптарда жүргізілді.

2.4 Талдау әдістері

Талдау-гравиметриялық Қазақстан Республикасының минералдық шикізатты кешенді қайта өңдеу ұлттық орталығы «Қазмеханобр» филиалының асыл металдар зертханасында бастапқы кеннің талдауы жүргізілді.

Талдау талдауы асыл металдардың көпшілігін анықтаудың негізгі әдісі болып табылады. Талдау талдауы әдетте заттың үлкен (өкілді) үлгілерін пайдаланады, бұл тіпті салыстырмалы түрде нашар материалдарда да асыл металдардың құрамын анықтауға мүмкіндік береді.

Жалпы алғанда, алтын мен күміске арналған материалдарды талдаудың талдау әдісін келесі схема түрінде көрсетуге болады [68]:

- араластыру;
- қорғасын қорытпасы үшін тигель немесе шербер балқыту;
- қорытпаны тырнау, купелляциялау;
- алтын-күміс моншақтың салмағын өлшеу;
- қоңызды төртке бөлу, қайнату;
- шұңқырды жуу, кептіру, күйдіру;
- алтын тоғаны таразылау.

Химиялық талдау құрамында алтыны бар материалдардың материалдық құрамын анықтаудың негізгі әдісі болып табылады. Химиялық талдауда әртүрлі әдістер қолданылды - гравиметриялық, атомдық абсорбциялық, фотоколориметриялық және т.б. Атомдық абсорбция әдісі GBСSavantaAE шығарған атомдық абсорбциялық спектрометрде орындалды. Фотоколориметриялық әдісте Загорск ОМЗ ОЭК қолданылды.

Рентгендік дифракциялық талдау орташа үлгілер *Сu* сәулеленуі бар DRON-4 дифрактометрінде және графит монохроматорында жасалды. Дифракциялық үлгілерді түсіру шарттары: $U=35$ кВ; $I=20$ мА; масштаб: 2000 имп; уақыт тұрақтысы 2 с; детектор 2 градус/мин.

Алтынды анықтаудың фотометриялық әдісі. Әдіс кристалдық күлгін алтынның (III) йодид кешенінің қосылысын толуолмен экстракциялауға және түрлі-түсті экстракттың фотометриясына негізделген. Ерітіндіні талдау ФЭК фотоколориметрінде жүргізілді. Оптикалық ерітіндінің тығыздығы

қабатының қалыңдығы 50 мм болатын № 6 жасыл жарық сүзгісі (толқын ұзындығы 584 мкм) көмегімен анықталды.

2.5 Алтын технологиясында кеңінен қолданылатын ион алмастырғыштардың сорбциялық қасиеттерін салыстыру

Алтын ион алмастырғыштың таңдамалы сіңіру мәселесі, ал ерітінділер мен пульпалардан алынған күміс көптеген ілеспе қоспалардың болуымен айтарлықтай қиындатады, олардың ерітіндідегі мөлшері көбінесе асыл металл иондарының концентрациясынан асып түседі. Бұл ретте, кен шикізатын цианидпен шаймалау кезіндегі қоспа металдардың ілеспе иондары асыл металдардың аниондарына ұқсас сипатта болатынын және цианидті анионды комплекістер болып табылатынын атап өткен жөн.

Сорбциялық шаймалау процесінде асыл металдар мен қоспалардың иондары реакцияларға сәйкес анион алмастырғышпен сорбцияланады:



Күрделі цианид аниондарынан басқа, шайырлар қарапайым цианид иондарын да адсорбциялайды:



Сорбенттердің сорбциялық қасиеттерін салыстыру үшін зерттеу объектісі ретінде Au технологиясында кеңінен қолданылатын өнеркәсіптік маркалы ион алмастырғыштар таңдалды. Олардың сипаттамалары 2 бөлімде берілген.

Ионалмастырғышты қанықтыру құрамы бойынша өнеркәсіптік ерітінділерге ұқсас, металды құрайтын модельдік ерітінділерден жүргізілді, мг/л: Au - 4,39; Cu - 106,0; Ni - 18,5; Zn - 30,7; Co - 17,0; Ерітіндінің рН 11-12 деңгейінде сақталды, ерітіндідегі NaCN концентрациясы 0,038 % болды. Зерттеулер зертханалық сорбциялық колоннада динамикалық жағдайда өнімді ерітіндіні ион алмастырғыш қабат арқылы өткізу арқылы жүргізілді. Тәжірибе нәтижелері берілген 2-кестеде

2.2 Кесте – Динамикалық жағдайларда АМ-2Б шайырындағы модельдік ерітінділерден алтынды сорбциялау нәтижелері

Уақыт, сағат	Σgu.том.	Аналық ерітіндідегі Au мөлшері, мг/дм ³	Au сорбция			
			циклге мг			
1	3.15	0,02	0,28	0,04	0,04	99,54
2	8.15	0,03	0,44	0,06	0,10	99.32
3	11.15	0,02	0,26	0,03	0,13	99,54

2.2 кстенің жалғасы

Уақыт, сағат	Σgu.гом.	Аналық ерітіндідегі Au мөлшері, мг/дм ³	Ау сорбция			
			циклге мг	циклге мг/г	Σ мг/г	%
4	14.35	0,06	0,28	0,04	0,17	98,63
5	18.30	0,02	0,35	0,05	0,22	99,54
6	21.90	0,05	0,31	0,04	0,26	98,86
7	25.80	0,05	0,34	0,04	0,30	98,86
8	28.80	0,05	0,26	0,03	0,33	98,86
9	32,60	0,04	0,33	0,04	0,37	99,09
10	40.10	0,04	0,65	0,09	0,46	99,09
11	44.10	0,04	0,35	0,05	0,51	99,09
12	48.00	0,03	0,34	0,04	0,55	99,32
13	51.50	0,03	0,31	0,04	0,59	99,32
14	54,90	0,04	0,30	0,04	0,63	99,09
15	58.30	0,03	0,30	0,04	0,67	99,32
16	61.30	0,05	0,26	0,03	0,97	98,86
17	64.30	0,06	0,26	0,03	1.00	98,63
18	69.30	0,05	0,43	0,06	1.06	98,86
19	73,80	0,04	0,39	0,05	1.11	99,09
20	78,40	0,05	0,40	0,05	1.16	98,86
21	81,60	0,05	0,28	0,04	1.20	98,86
22	85.00	0,03	0,30	0,04	1.24	99,32
23	89,60	0,06	0,40	0,05	1.29	98,63
24	93.00	0,06	0,29	0,04	1.33	98,63
25	96,50	0,10	0,30	0,04	1.37	97,72
26	100.00	0,15	0,30	0,04	1.41	96,58
27	103,60	0,21	0,30	0,04	1.45	95,22
28	107.10	0,34	0,28	0,04	1.49	92,26
29	110.10	0,41	0,24	0,03	1.52	90,66
30	113.10	0,52	0,23	0,03	1.55	88,15
31	116,70	0,68	0,27	0,04	1.59	84,51
32	120,45	0,89	0,26	0,03	1.62	79,73
33	124,45	1.25	0,25	0,03	1.65	71,53
34	128.20	1.36	0,23	0,03	1.68	69,02
35	131,80	1.42	0,21	0,03	1.71	67,65
36	134,90	1.46	0,18	0,02	1.73	66,74
37	138.15	1.56	0,18	0,02	1,75	64,46

Жүргізілген зерттеулер көрсеткендей, АМ-2Б ион алмастырғышпен алтын алу дәрежесі бірінші өткізіп алған көлемдерде 99,54 % құрайды.

Ұсынылған шайырдың ион алмасу қасиеттерін бағалау және салыстыру мақсатында болар еді. Алтынды сорбциялау сорбенттердің толық алмасу

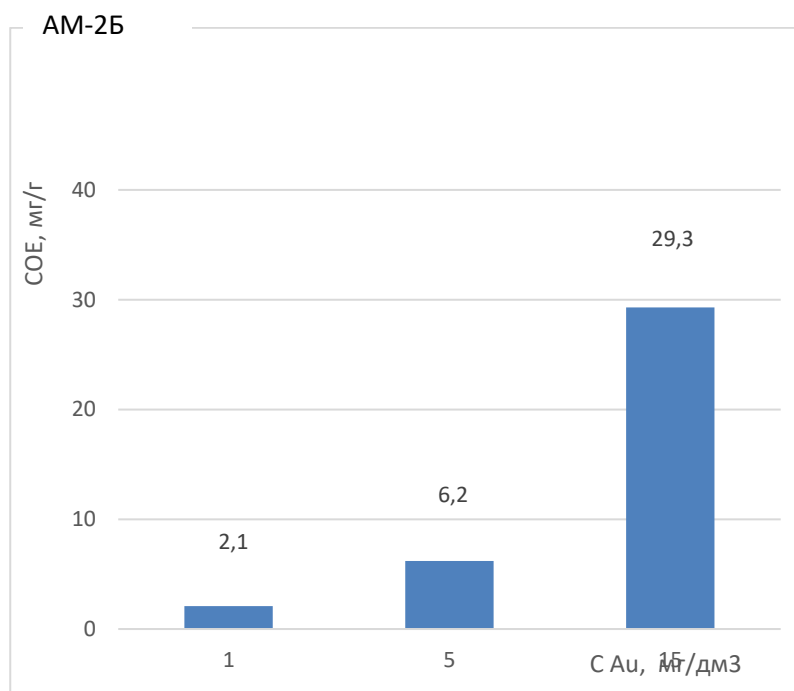
кабілетіне жетпей, салыстырмалы жағдайларда статикалық режимде жүргізілді. Тәжірибе сыйымдылығы 2 дм³ конустық колбаларда жүргізілді, оған 1 дм³ алтыны бар үлгілік ерітінді құйылды және араластыра отырып сорбент қосылды (2-бөлімді қараңыз). сорбция нәтижелері алтын иондары-кестеде көрсетілген 3.10 және 3.12-суретте.

Алтынды сорбциялау статикалық жағдайда жүргізілді, оған 1 см³ сорбент жүктелді.

2.3-кестеде статикалық жағдайда АМ-2Б ионалмастырғышында алтынды сорбциялау нәтижелері көрсетілген.

2.3 Кесте – АМ-2Б анион алмастырғышында статикалық жағдайда алтынды сорбциялау нәтижелері

Сорбент	СОЕ, мг/г	Ерітіндідегі қалдық алтын мөлшері, мг/дм ³	Алтынның сорбентке алыну дәрежесі, %
С _{Аu} = 1 мг/дм ³			
АМ-2Б	2.1	0,05	95,0
С _{Аu} = 5 мг/дм ³			
АМ-2Б	6.2	0.4	92,0
С _{Аu} = 15 мг/дм ³			
АМ-2Б	29.3	1.8	88,0
Ескерту: АМ-2Б-0,42 г/см ³ , рН ~ 3.			

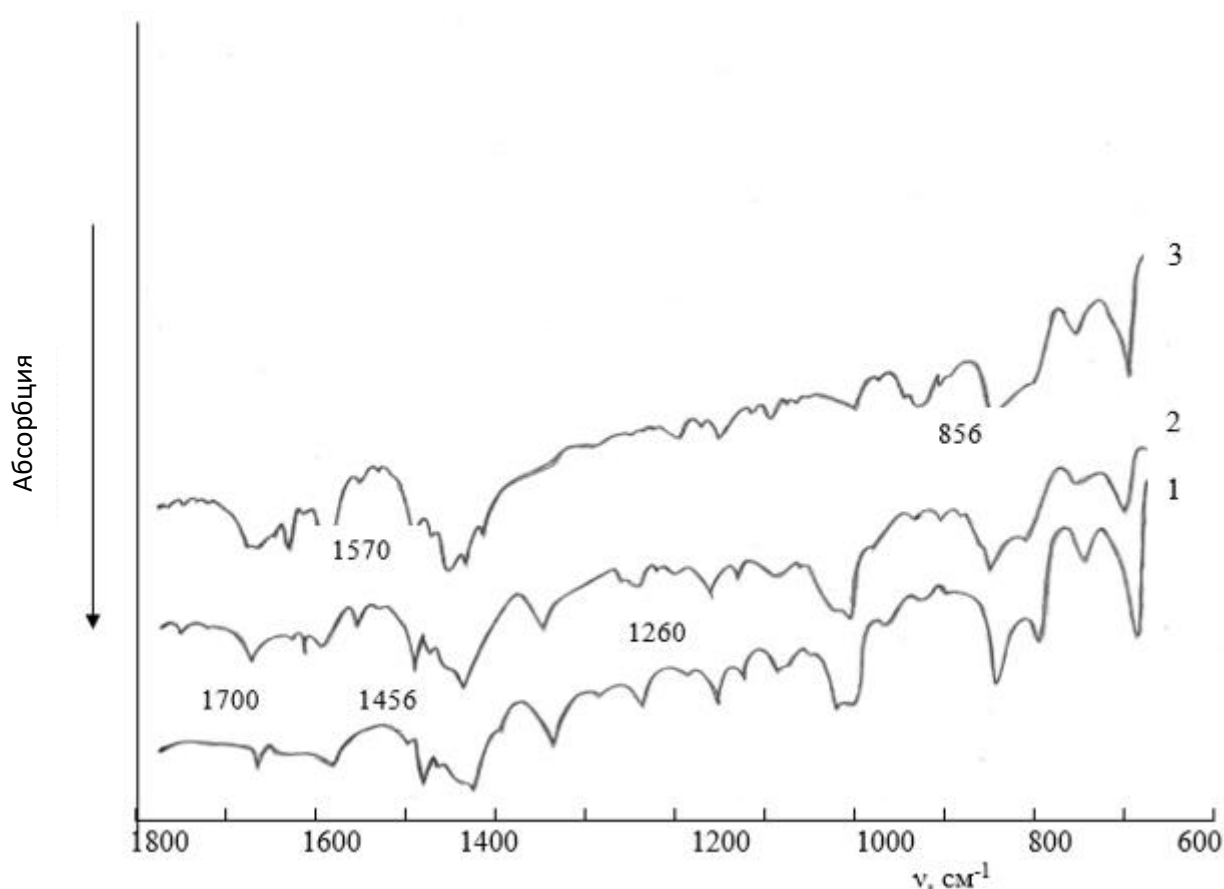


2.2 Сурет – Статикалық жағдайда алтынды сорбциялау нәтижелері

Түпнұсқа анионалмастырғыштың ИҚ-спектроскопиялық талдауының нәтижелері, анықтамада әртүрлі құрамдағы ерітінділермен қаныққан ион алмастырғыштардың спектрлерімен салыстыру көрсетілген 3.14, 3.15-суреттер. Абсорбциялық жолақ тағайындаулары 3.14-кестеде берілген.

2.4 Кесте – Анионалмастырғыштардың абсорбциялық жолақтарын тағайындау

Жиілік, см-1	Топқа тапсырма
1610, 1440 ж	Су молекулаларының ОН топтарының иілу тербелісі ν (ОН), бензол сақинасының $C=C$ топтарының созылу тербелістері. NH – топтарының деформациялық тербелістері.
1610, 1508, 1520, 1510 ж	Бензол сақинасының $C = C$ -топтарының созылу тербелістері.
1492, 1490, 1450 жж	Бензол сақинасының $C = C$ топтарының созылу тербелістері, CH_2 топтарының иілу тербелістері.
1370, 1372	$C-N$ топтарының CH_2 , CH_3 - топтарының деформациялық тербелістері.
1260, 1176, 1260, 1176	Алифаттық аминдердің $C-N$ топтарының созылу тербелістері (Сарыл– Н және Салиф– Н).
1080, 1050, 1040, 1020	Ауыспаған бензол сақинасының $C-N$ топтарының жазықтықтағы деформациясы
860	$N+(CH_3)_3$ -топтарының тербелістері.
900	$N-CH_2$ топтарының тербелісі.
815, 828	Бір алмастырылған бензол сақинасының (DVB) $C-N$ топтарының жазықтықтан тыс иілу тербелісі.
702, 762	Ауыспаған және бір алмастырылған бензол сақинасының $C-N$ топтарының жазықтықтан тыс иілу тербелісі.



Сорбент: 1 - құрғақ түрінде түпнұсқа; 2 - суда ісінген;
3 – алтын ерітіндісімен тепе-теңдік ($C_{Au}=5 \text{ мг/дм}^3$)

2.3Сурет – АМ-2Б сорбентінің ИҚ спектрлері

1-ші спектрінде АМ-2Б сумен байланыста болғаннан кейін (2.1-сурет) айтарлықтай әлсіреген жолақты сіңіру 1030 және 1050 см^{-1} сәуле шығарылған хош иісті сақинаның жазы. Олардың бөлінуі де жоқ, бұл хош иісті сақинаның көрші құрылымдарымен әрекеттесуінің әлсіреуіне байланысты болуы мүмкін.

2-спектрде (2.2-сурет), қарқындылық йодид ионының NH_2 - тобымен координациялық байланысының болуын сипаттайтын 1456, 1452 см^{-1} абсорбция жолақтары.

Ароматты сақинадағы құрылымында байқалған өзгерістер шамамен 704, 815, 1050-1020 см^{-1} (спектрлер 2.2 сурет) дәлел. Олар құрамында алтыны бар комплексті иондармен ион алмастырғыштардың координациялық байланысының түзілуіне байланысты OH (1360 см^{-1}) және COO^- (1570 см^{-1}) топтарының ароматты сақинасындағы байланыстардың әлсіреуін көрсетеді.

Осылайша, ион алмастырғыштарды ИҚ-спектроскопиялық талдау нәтижесінде мыналар анықталды: Анионалмастырғыштарда алтынның сорбциясы ароматты сақинадағы және OH топтарындағы байланыстардың

әлсіреуімен сипатталады (1360 см^{-1}) және COO^- (1570 см^{-1}) құрамында алтыны бар иондармен ион алмастырғыштардың координациялық байланысының түзілуімен байланысты.

Сонымен қатар Naucarb YA00-60 маркалы белсендірілген көмірдің сорбциялық сипаттамаларын анықтау үшін салыстырмалы тәжірибелер жүргізілді. Сорбция қанықтыру әдісімен жүргізілді.

Зерттеу үшін келесі құрамдағы мг/л үлгідегі сілтілі цианид ерітіндісі қолданылды: алтын - 0,80; натрий цианиді - 820; рН 10,29. Сорбентті қанықтыру келесі процедура бойынша жүргізілді: салмағы 0,5 г сорбенттерді араластырғышта 0,5 л өнімді ерітіндімен 24 сағат бойы араластырды. Содан кейін сорбент декантация арқылы фильтраттан бөлініп, бастапқы ерітіндінің келесі бөлігімен толтырылды, ал масса 24 сағат бойы араластырылды. Сорбентті қанықтыру 6 цикл бойы жүргізілді.

2.4 Кесте – Модельдік ерітінділерден алтынды сорбциялау нәтижелері

Байланыс уақыты, мин	Au мазмұны, мг/л			Сорбенттің алтынмен есептік қанықтылығы, мг/г
	аналық ішімдікте	операциядан	жалпы	
Белсендірілген көмір. Әрқайсысы 250 мл-ге 0,2502 г көмір жүктемесі ерітіндінің бөліктері				
10	0,79	0,68	0,68	0,68
28	0,60	0,87	1,55	1,55
52	0,79	0,68	2,23	2,23
75	1,00	0,47	2,70	2,70
99	1,00	0,47	3,17	3,17
123	1,20	0,27	3,44	3,44
146	1,40	0,07	3,51	3,51
169	1,30	0,17	3,68	3,68
193	1,40	0,07	3,75	3,75
217	1,45	0,09	3,85	3,85

Алынған нәтижелер үйінді сілтісіздендіру процесін имитациялайтын колонна қондырғыларында алынған өнімді цианид ерітінділерінде сыналған.

Зерттеу объектісі Жалтырбұлақ кен орны учаскесінің құрамында алтыны бар кен болды.

Түпнұсқаның құрамы алтын кені төмендегідей болды, % (мас.): мыс-0,020; никель-0,003; кобальт-0,002; мырыш-0,730; қорғасын-0,110; темір-3,910; мышьяк-0,012. Кендегі алтынның орташа мөлшері ~ 1,30 г/т болды.

Зертханалық сынау үшін үш учаскеден (Ақтау, Жилный және Северо-Восточный) АСЖ-5 тотыққан алтыны бар кендердің репрезентативті үлгісі таңдалды.

Құрамында алтыны бар бастапқы материалға физика-химиялық талдау жүргізілді. Талдау-гравиметриялық талдау нәтижелері бойынша үлгідегі алтынның орташа мөлшері г/т: 0,99 (0,98-ден 1,02 г/т дейін) құрады.

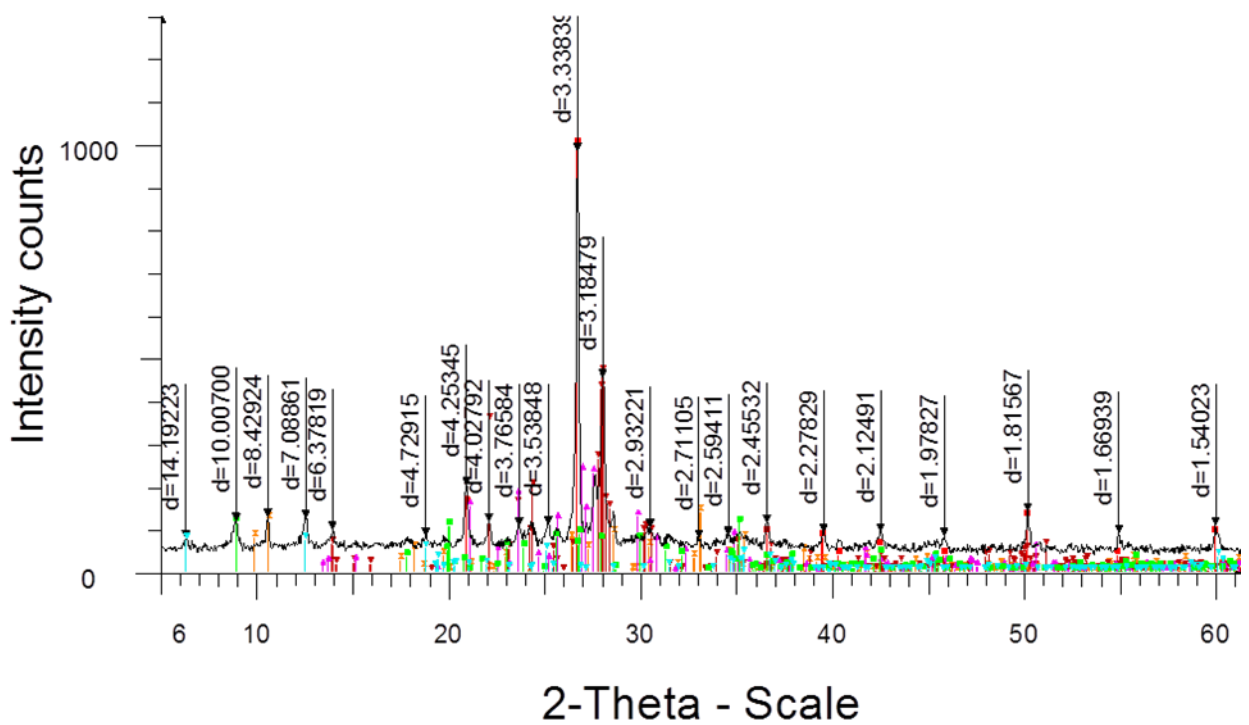
Атомдық эмиссиялық спектрлік талдау нәтижелері 2-кестеде көрсетілген.

2.5 Кесте – АСЖ-5 үлгісінің жартылай сандық атомдық эмиссиялық спектрлік талдауының нәтижелері

Элементтер	Элементтердің мазмұны, %	Элементтер	Мазмұны элементтер, %
Алтын	<0,0005	Күміс	0,0001
Кремний	>>1.0	Магний	>1,0
Алюминий	>>1.0	Кальций	>>1.0
Мыс	0,03	Қорғасын	0,003
Никель	0,005	Chromium	0,01
Сурьма	<0,005	Кобальт	0,003
Мышьяк	<0,02	Молибден	0,005
Бериллий	<0,0002	Церий	<0,01
Марганец	0,01	Темір	>1,0
Титан	0,5	Кадмий	0,01
Цинк	<0,01	Висмут	0,001
калий	<1,0	Стронций	<0,05
Натрий	>>1.0	Циркон	0,01
Қалайы	0,0005	Итербий	<0,0002
Барий	<0,05	Итрий	<0,002
Скандий	<0,001	Теллур	<0,003
Ванадий	0,003	Ниобий	<0,001
Вольфрам	<0,005	Галий	0,003
Германий	<0,0005	Теллур	<0,003
Лантан	<0,005	Талий	<0,0005

Атомдық-эмиссиялық спектрлік талдау нәтижелері кендегі алтынның құрамы күміс, қалайы, германий, таллий концентрацияларынан 5 еседен астам жоғары екенін көрсетті. Шикізаттың негізгі компоненттері кремний, алюминий, натрий, кальций, темір, магний.

Рентгендік дифракциялық талдау бойынша минералды фазаларды анықтау 2.4 суретте көрсетілген.



2.4 Сурет – АСЖ-5 үлгісінің рентгендік дифракциялық суреті

Кен және тау жыныстарының пайдалы қазбаларының сандық қатынасын есептеу нәтижелері рудалық минералдарға: пирит, темір гидроксидтері, халькопирит, халькоцит, ковеллит және борнит болып табылатынын көрсетеді. Тау жыныстарын түзетін минералдар: кварц, амфибол, альбит, ортоклаз, слюда, хлорит және эпидот.

Химиялық талдау арқылы алынған кендегі негізгі компоненттердің мөлшері 3-кестеде көрсетілген.

2.6 Кесте – Жалтырбұлақ кен орнының АСЖ-5 сынамаларының химиялық талдау нәтижелері

Құрамдас	Мазмұны, %
Мыс	0,06
Никель	0,005
Кобальт	0,009
Цинк	0,016
Қорғасын	0,0036
Темір	4.60
қара темір	1.56
кальций оксиді	4.20
магний оксиді	4.10
Натрий	3.40

2.6 кестенің жалғасы

Құрамдас	Мазмұны, %
Калий	3.38
Алюминий оксиді	20.87
Мышьяк	<0,05
Сурьма	<0,05
Барлығы	0,11
S сульфаты	0,04
S сульфиді	0,07
Тотығу күйі	36.40
Кен түрі:	
- S сульфидінің мөлшері бойынша.	әлсіз сульфид
- тотығу дәрежесі бойынша S	өтпелі

Алтынды шаймалау алтын рудаларын үйінді шаймалау процесінің циркуляциялық ерітінділерінде натрий цианидін еріту арқылы дайындалған сілтілі цианид ерітіндісімен жүргізілді. Зерттеулердің алдын ала нәтижелері бойынша натрий цианидінің концентрациясы ~0,05 %, NaOH – 5 %, сілтілеу температурасы - 20-50 °С деңгейінде сақталды.

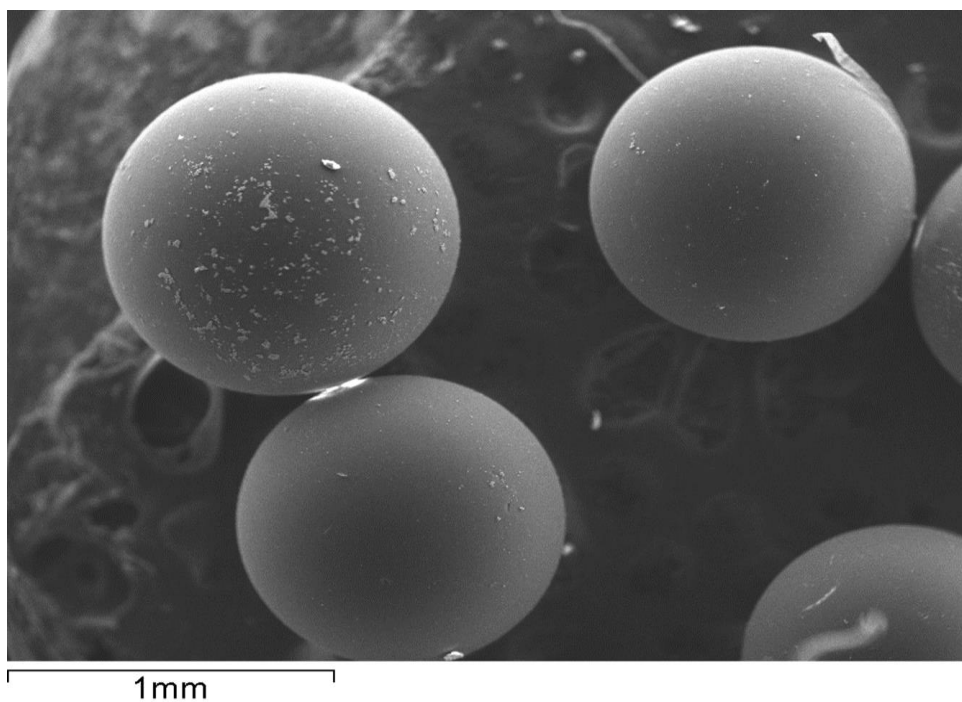
2.7 Кесте– Өнімді ерітінділерден алтынды сорбциялау нәтижелері

Байланыс уақыты, мин	Au мазмұны, мг/л			Сорбенттің алтынмен есептік қанықтылығы, мг/г
	аналық ішімдікте	операциядан	жалпы	
Белсендірілген көмір. Көмір жүктемесі ерітіндінің әрбір порциясының 250 мл-іне 0,2503 г				
10	0,76	1.09	1.09	1.09
28	0,91	0,94	2.03	2.03
52	1.10	0,75	2.78	2.78
75	1.40	0,45	3.23	3.23
99	1.30	0,55	3.78	3.78
123	1,50	0,35	4.13	4.13
146	1,60	0,25	4.38	4.37
169	1,70	0,15	4.53	4.52
193	1,75	0,10	4.63	4.62
217	1,80	0,05	4.68	4.67

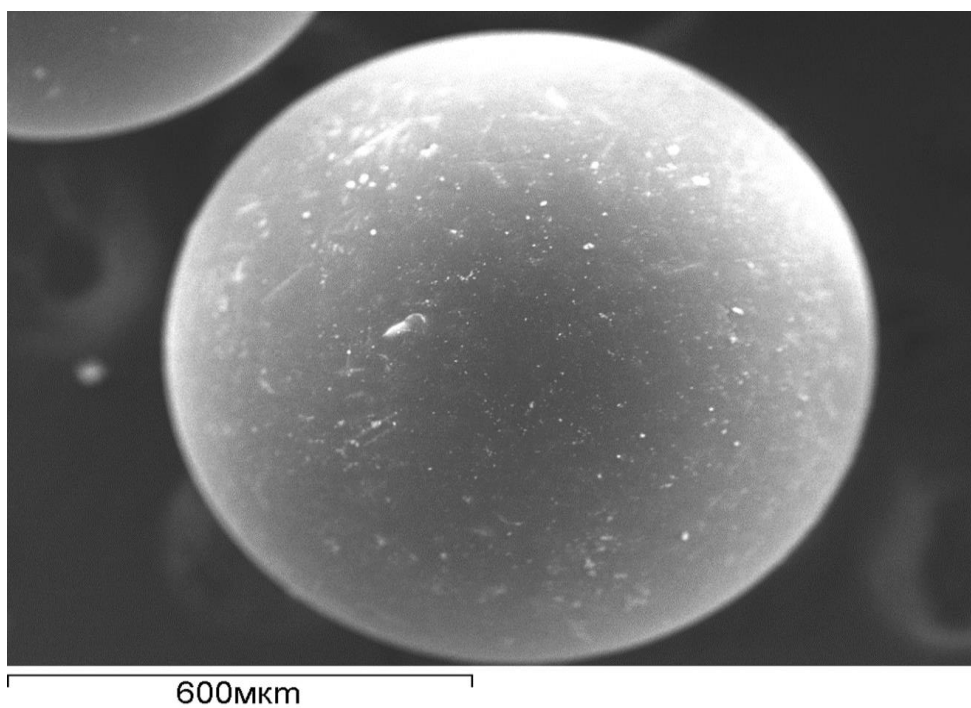
2.8 Кесте – АМ-2Б ионалмастырғыш шайырлармен алтын, мыс және кобальтты сорбциялау нәтижелері

Шешімдердің жалпы саны, нақты көлемдер	Ерітінділердегі мөлшері, мг/л						Шайырдағы мөлшері, мг/г		
	өнімді шешім			жатыр шешім					
	Au	Cu	Co	Au	Cu	Co	Au	Cu	Co
АМ-2Б									
45	1.14	61,0	1,75	0,06	0,05	0,10	0,15	8.23	0,22
146	1.14	61,0	1,75	0,04	3.65	0,25	0,48	25.98	0,69
252	1.14	61,0	1,75	0,07	53.50	0,70	0,82	31.33	1.04
322	1.19	63.2	1.78	0,17	64,50	0,42	1.04	31.19	1.31
425	1.19	63.2	1.78	0,11	66.00	0,74	1.37	29.83	1.61
495	1.19	63.2	1.78	0,06	66,50	0,78	1,60	29.02	1,85
605	1.13	60.8	1.73	0,17	64.25	0,89	1.91	27.59	2.15
725	1.13	60.8	1.73	0,18	63,75	0,71	2.25	26.34	2.44
820	1.20	61,0	1,75	0,18	62.00	0,99	2.52	25.79	2.68
987	1.20	61,0	1,75	0,28	63.50	1.02	2.98	24.77	3.03

Қаныққан ионит дәндерінің рентгендік спектрлік микроанализ арқылы алынған жалпы көрінісі 40-суретте көрсетілген, одан дәндердің тегіс беткейлі екенін көруге болады. Бұл әртүрлі иондық радиустары бар металл иондарының селективті экстракциясына, демек, астық көлемінің тереңдігіне ену қабілетіне әсер етуі мүмкін.



a



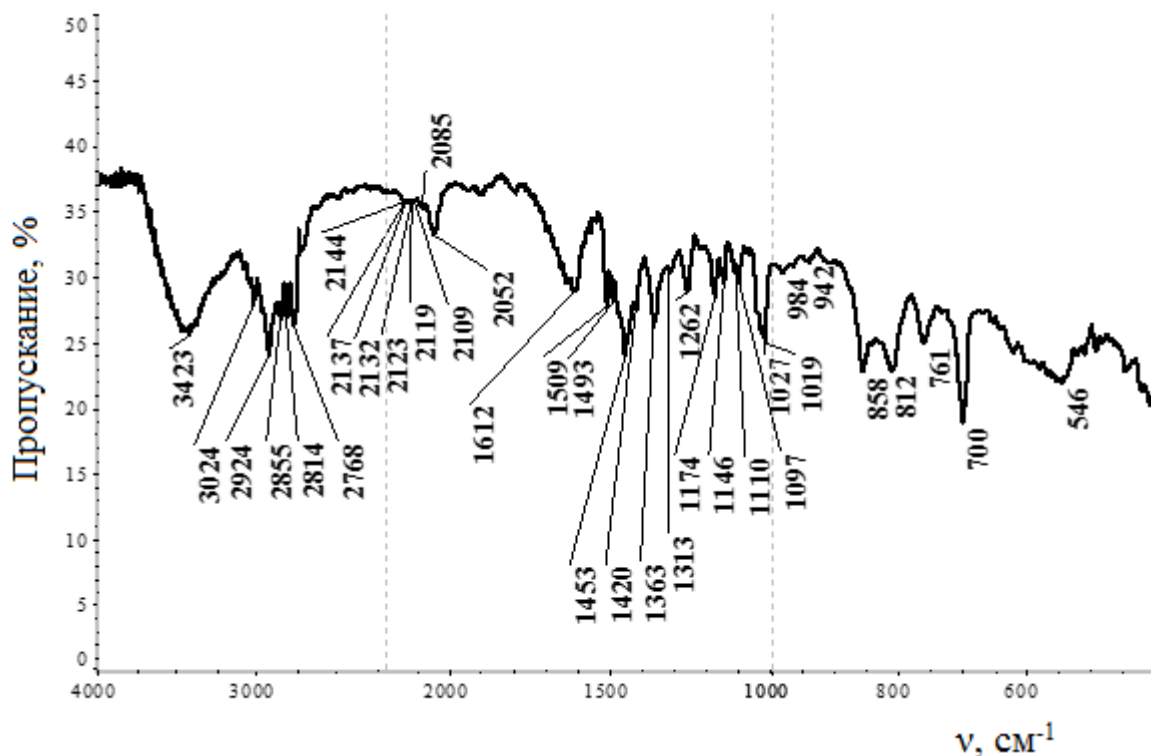
б

a– ион алмастырғыштың көлемінде; *б* – ион алмастырғыш дәні

2.5 Сурет – АМ-2Б маркалы қаныққан ион алмастырғыштың жалпы көрінісі

Қаныққан шайырдың рентгендік флуоресценциялық талдауының нәтижесі %: Au - 0,61; Zn - 0,36; Cu - 0,85; Ni - 0,69; Co - 0,73; Fe - 0,45; Ca - 0,23; Cl - 0,52; S - 1,70; O - 4,56.

Металл иондарымен қаныққан АМ-2В анионалмастырғыш шайырына ИҚ-спектроскопиялық талдау жүргізілді (41-сурет).

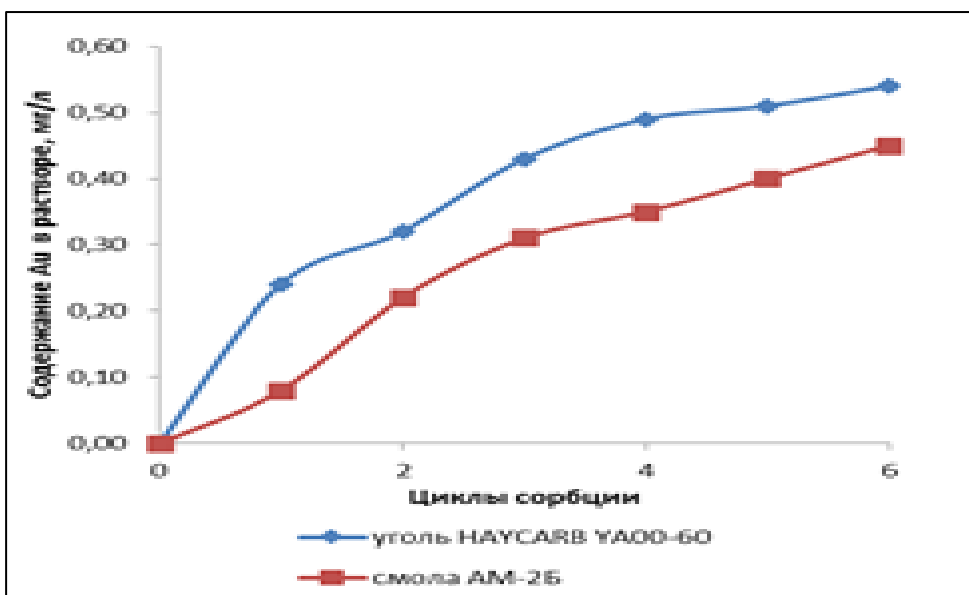


2.7 Сурет – Қаныққан ион алмастырғыштың ИҚ спектрі

АМ-2В анион алмастырғышының 2250-2000 см⁻¹ диапазонында жұтылу фонныңда спектрде 2144, 2137, 2132, 2123, 2119, 2109, 2085, 2085 толқын сандарында максималды жұтылу жолақтары байқалады. -1, келесі циано комплекстеріне тағайындалған: [Au (CN)₂]⁻ – 2141 см⁻¹ [101]; [Zn(CN)₄]²⁻ – 2144 см⁻¹[101]; [Co(CN)₅ H₂O]²⁻ – 2137 см⁻¹[100]; [Co(CN)₆]³⁻ – 2137 см⁻¹[102]; [Ag(CN)₂]⁻ – 2132 см⁻¹ [102]; [Cu(CN)₂]⁻ – 2123 см⁻¹ [101]; [Co(CN)₅]³⁻ – 2119, 2109 см⁻¹ [102]; [Cu(CN)₃ SCN]³⁻ – 2109, 2085 см⁻¹ [103], [Ni(CN)₄]²⁻ – 2119 см⁻¹.

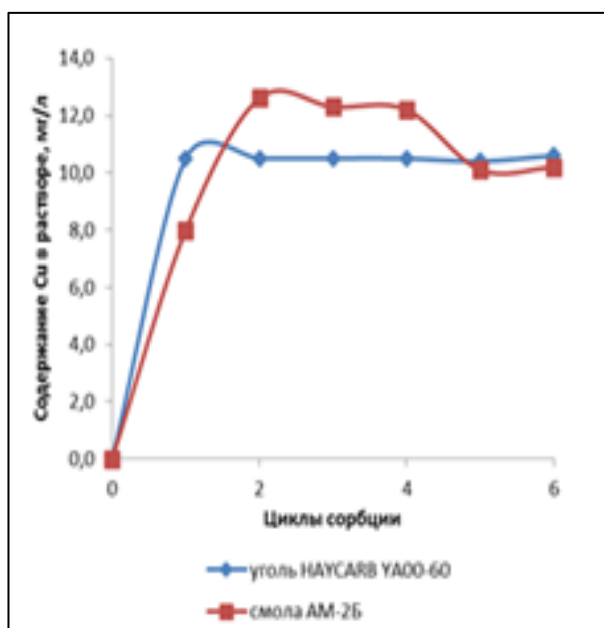
Әрбір сорбциялық операциядан кейін ерітінділер атомдық абсорбция әдісімен алтынның және соған байланысты қоспалардың құрамы бойынша талданды. Соңғы қанықтыру операциясынан кейін сорбенттер талдау әдісімен алтынның құрамы бойынша талданды.

Сызбалар бойынша 16-18 қанығу циклдары бойынша алтынның құрамын өзгерту нәтижелері келтірілген.

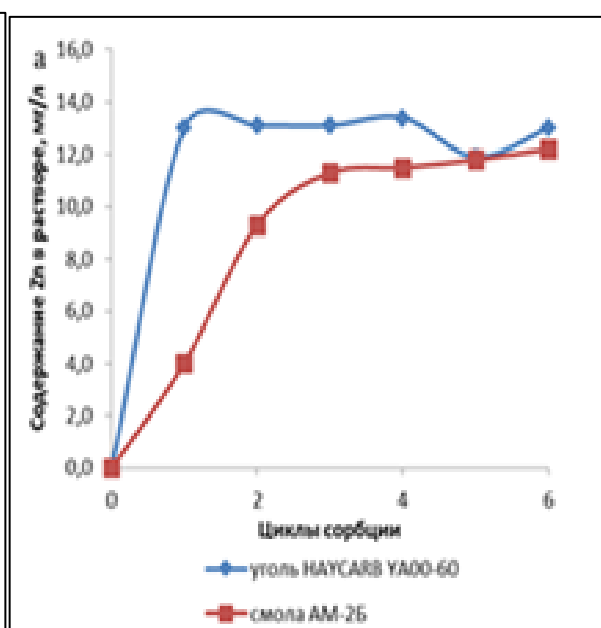


2.8 Сурет – Аналық ерітіндідегі алтын құрамының өзгеруі әрбір сорбция циклінен кейін

Сызбалардан көрініп тұрғандай 16, шайыр сорбциясынан кейін аналық ерітіндідегі алтын мөлшері көміртекті сорбцияға қарағанда төмен, бұл шайырдың жоғары сорбциялық сипаттамаларын көрсетеді.

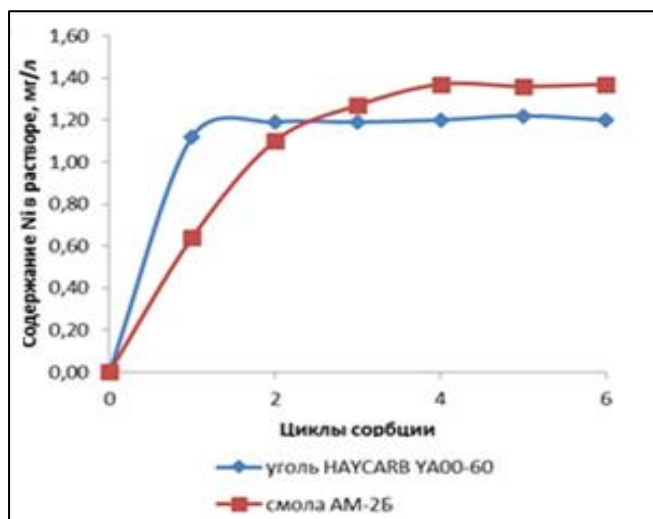


а

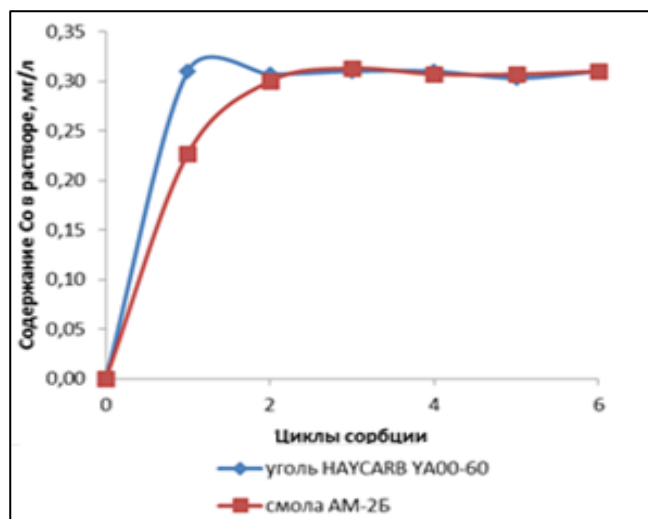


б

2.9 Сурет – Әрбір сорбция циклінен кейін аналық ерітінділердегі мыс (а) және мырыш (б) құрамының өзгеруі



а



б

2.10 Сурет – Әрбір сорбция циклінен кейін аналық ерітінділердегі никель (а) және кобальт (б) құрамының өзгеруі

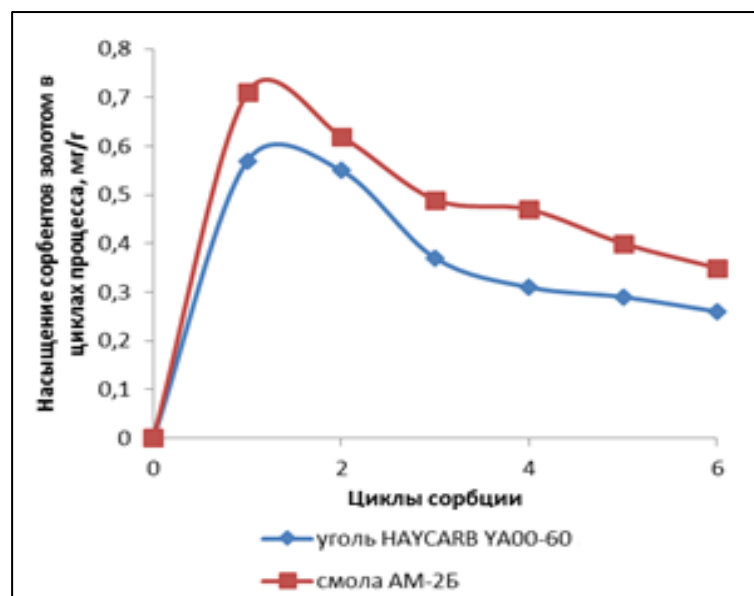
суреттерден көрініп тұрғандай, шайырмен сорбциялаудан кейінгі аналық ерітіндідегі алтын мөлшері көміртегімен сорбциялау кезіндегіге қарағанда төмен, бұл шайырдың жоғары сорбциялық сипаттамаларын көрсетеді. Құрамында алтыны бар ерітінділерден қосынды металдарды белсендірілген көмірмен алу іс жүзінде байқалмайды.

Процестің бірінші циклінде шайыр қоспалы металдарды жеткілікті тиімді сіңіреді, одан кейінгі сорбциялық циклдерде алтынның бәсекелес сорбциясы және ион алмастырғыштан қоспа метал иондарының ығысуы жүреді.

Алынған нәтижелерден шайырдың көмірмен салыстырғанда айқын артықшылығын көруге болады.

Циклдер бойынша сорбенттердің алтынмен қанығуы суретте көрсетілген.

Біз АМ-2Б ион алмастырғыш шайырмен (аралас негізділік) алтын алу процесінде негізгі ілеспе қоспалардың (Со және Си) әрекетін зерттедік.



2.11 Сурет – Сорбенттердің алтынмен қанығуының өзгеруіне сәйкес сорбция процесінің циклдері

Сорбция динамикалық режимде ерітінділерді колоннадағы шайыр қабаты арқылы төменнен жоғары қарай өткізу арқылы жүргізілді (2.8сурет). Бағаналардағы шайыр қабатының биіктігінің бағана диаметріне қатынасы (4-6) құрады : 1. Шайыр қабаты арқылы ерітінділердің өту жылдамдығы 1 сағатта 4-5 меншікті көлемде сақталды.

Ұсынылған мәліметтерден, ерітіндідегі алтынның бірдей концентрацияларында шайырдың көмірге қарағанда сыйымдылығы жоғары екенін көруге болады. Сонымен қатар, алтынның қалдық құрамын қамтамасыз ету үшін көмірге қарағанда шайырды азырақ жүктеу қажет болады.

Көріп отырғанымыздай, алтынға қаныққан шайырдың сыйымдылығы қаныққан көмірдің сыйымдылығынан 1,6-1,7 есе жоғары. Құрамында алтыны аз ерітінділер үшін бұл айырмашылық ~2 есе артады. Сонымен қатар, белсендірілген көмірден айырмашылығы, ион алмастырғыш шайырға қаттылық тұздары әсер етпейді.

Алтынды сорбциялау технологиясында белгілі реагенттер элюционды ерітінділер ретінде сыналған: ерітінділер тиокарбамид және натрий сульфаты нитраты.

Алтынды тиомочевинаның сульфат ерітінділерімен элюциясы (таб.беттер 3.12, сурет 3.13) металдың толық алынуына қол жеткізуге мүмкіндік бермеді ($\epsilon_{Au} < 50 \%$). [11] авторлары ұсынған натрий сульфаты нитратының (5 % H_2SO_4 және $50 \text{ г/дм}^3 NaNO_2$) ерітіндісімен алтынды десорбциялау алтынды элюатқа (> 90 %) толық бөліп алуға мүмкіндік берді.

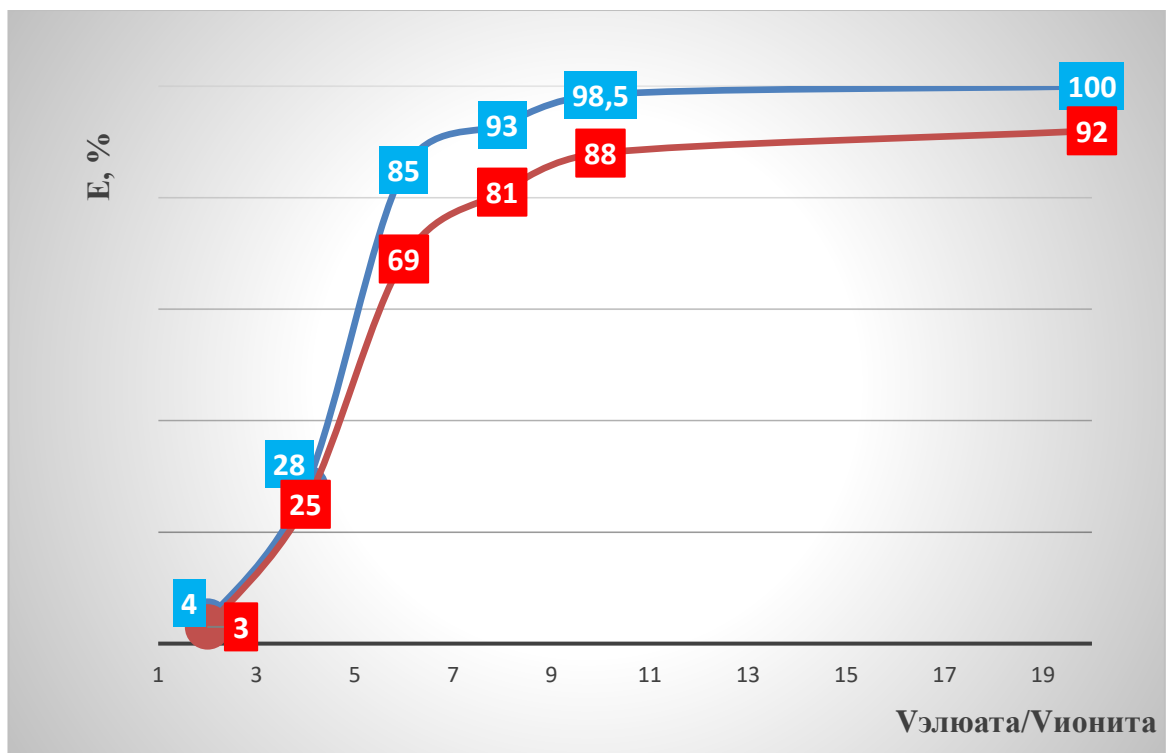
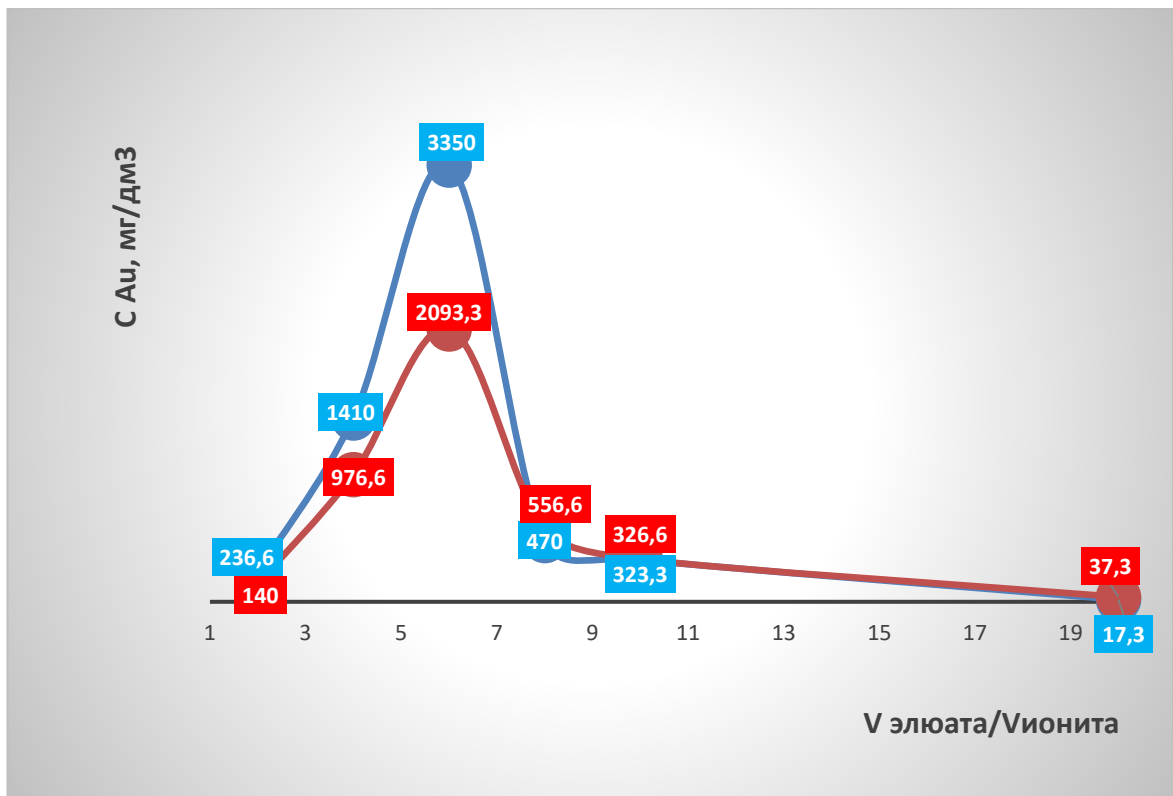
2.9 Кесте – Алтынды тиомочевина ерітіндісімен элюциялау нәтижелері

Вэлюат/Вионит, см ³ /см ³	Элюаттағы САу, мг/дм ³	Алтынның десорбция дәрежесі, %
	АМ-2Б	АМ-2Б
2	140	3
4	510	14
6	1070	37
8	280	43
10	186.6	47
20	18.6	49
30	9.3	50
Ескерту: Элюат CH ₂ SO ₄ ~ 25÷30 г/дм ³ ; Стиуаридтер ~ 80-90 г/дм ³ ; нәтижелері орташаланады		

2.10 Кесте – Қаныққан АМ-2Б ион алмастырғыштарынан NaNO₂ сульфат ерітіндісімен алтынды элюциялау нәтижелері.

Вэлюат/Вионит, см ³ /см ³	Элюаттағы САу, мг/дм ³	Алтынның десорбция дәрежесі, %
	АМ-2Б	АМ-2Б
2	140	3
4	976,6	25
6	2093.3	69
8	556.6	81
10	326.6	88
20	37.3	92
30	18.6	94
35	9.3	95
Ескерту: СОЕАМ-2Б = 31,0 мг/г; Вионит - 1,5 см ³ .		

Алтынды 98,5 % десорбциялауды регенерациялаушы ерітіндінің 9-10 меншікті көлемімен жүргізуге болады.,



а – элюция қисығы; б – алтынның десорбциялану дәрежесі.

2.12 Сурет – Ренерациялау қисықтары

3 Экономикалық бөлім

3.1 Зерттеу жұмысын жүргізуге жұмсалған шығындарды есептеу

Зерттеу жұмыстарын жүргізуге жұмсалған шығындарды келесі формуламен есептейміз:

$$\text{Ш}_{\text{зөк}} = \text{Ш}_{\text{нкш}} + \text{Ш}_{\text{эш}} + \text{Ш}_{\text{ж}} \quad (3.1)$$

$\text{Ш}_{\text{зөк}}$ – зерттеудің өзіндік құны;

$\text{Ш}_{\text{нкш}}$ – негізгі және қосалқы материалдар шығыны;

$\text{Ш}_{\text{эш}}$ – электрэнергия шығыны;

$\text{Ш}_{\text{ж}}$ – жалақы.

3.2 Негізгі және қосалқы материалдар шығынын есептеу

Тәжірбиелік жұмыста: зертханалық әртүрлі пішін мен өлшемдегі колбалар, пипеткалар, химиялық стакандар мен аналитикалық таразы сияқты әртүрлі ыдыстар мен жабдықтар қолданылды. Ыдыс шығындарының амортизациялық есебін, тәжірибе жүргізуге арналған қосымша және негізгі материал шығыны нәтижелерін төмендегі кестелерден көруге болады. Есептеу нәтижелері кесте 10 және 11-де келтірілген.

3.1 Кесте – Негізгі және қосалқы материалдар шығыны

Материалдардың атауы	Материал шығыны, мл	Бірлік бағасы, тг/л	Жалпы бағасы, тг
Тұз қышқылы HCl	120	690	83
Азот қышқылы, HNO ₃	120	1560	187
Күкірт қышқылы H ₂ SO ₄	120	1140	136,8
Cy	2000	71 (м ³)	142
Барлығы:	2360	3461	548,8

3.2 Кесте – БІДЫС шығындарының амортизациялық бағасы

Аты	Саны, тал	1 тал бағасы, тг	Сумма, тг
Өлшегіш колбалар	3	190	570
Пипетка	3	100	300
Химиялық стакан	3	100	300
Барлығы:	10	490	1170

3.3 Электроэнергияға кеткен шығынды есептеу

Электр тоғын қолданатын аспаптар:

– қызуы бар араластырғыш $2,1 \text{ кВт} \cdot \text{сағ}$, 10 тәжірибе жүргізу үшін 20 сағат кетті, сондықтан $2,1 \cdot 20 = 42 \text{ кВт} \cdot \text{сағ}$ электр энергиясы қажет.

Бір күнде шығындалған электр шығыны бір тәжірибе жасау кезінде, қажет ететіндер:

– 1 кВт электр тоғы $24,32 \text{ тг}$ құрайды.

Сонда 42 кВт электрэнергиясы $42 \cdot 24,32 = 1021 \text{ тг}$ болады. Демек, 1 айға электрэнергиясына 1021 тг шығындалады.

3.4 Техничo - экономикалық көрсеткіштер

Есептелген мағлұмат бойынша (5-формула арқылы) берілген ғылыми - зерттеу жұмысын сипаттайтын кесте құрамыз

3.3 Кесте – Ғылыми - зерттеу жұмысының технико - экономикалық көрсеткіштері

Көрсеткіштері	Мәндері, тг
$\text{Ш}_{\text{нкш}}$	1718,8
$\text{Ш}_{\text{эш}}$	1021
$\text{Ш}_{\text{ж}}$	-
Барлығы	2739,8

Зерттеу жұмыстарына кеткен шығын, тг: 2739,8.

3 тарау бойынша қорытындылар

АСЖ-5 зерттеліп отырған Технологиялық сынамасы құрамында 0,99 г/т алтын бар, құрамында 97,5 % алтын және 2,5 % күміс бар жоғары сынамалы алтынның аз сульфидті тотыққан түрін сипаттайтыны анықталды. Ілеспе кен минералдары-пирит және темір гидроксидтері, тау жыныстарын құрайтын минералдар – кварц, амфибол, альбит, ортоклаз, Слюда, хлорит, эпидот;

– сұйық және қатты фазалардағы алтын мен қоспалық металдарды талдау және кеннің заттық құрамын зерттеу үшін пайдаланылатын физика-химиялық зерттеулер әдістері таңдалды және игерілді;

– тепе-теңдік жүйелерін эксперимент және физика-химиялық талдау әдістері таңдалды.

– алтын өндіру өнеркәсібінде пайдаланылатын АМ-2Б аниониті мен белсендірілген көмірдің сорбциялық сипаттамаларын салыстыру көмірмен салыстырғанда ион алмасу шайырларының қоспалы металдар бойынша сыйымдылығы жоғары, ал активтендірілген көмірлер алтын иондары бойынша үлкен селективтілік танытатынын көрсетті. Алайда, қоспалы металдардың иондары көмірмен тепе-тең ерітінділерде шоғырланып, құрамында алтын бар кендердің цианидті шаймалау көрсеткіштерін нашарлатып, кері ерітінділерді ластайды. Алтын мен қоспалы металдарға қатысты АМ-2Б шайырының сыйымдылық қасиеттерін ескере отырып, металдармен белсенді топтар құруға қабілетті азот атомдары бар бифункционалды үшінші топтардың болуына байланысты осы ион алмастырғыш шайыр зерттеу объектісі ретінде таңдалды. Сонымен қатар, АМ-2Б маркалы шайыр макропорлы матрицаның арқасында жоғары алмасу жылдамдығына ие, бұл процестің ұзақтығын едәуір қысқартады;

4 Қауіпсіздік және еңбек қорғау бөлімі

Аталған ғылыми-зерттеу жұмысы «ҚР МШКУ ҰО» РМК филиалы «Қазмеханобр» мемлекеттік өнеркәсіптік экология ғылыми-өндірістік бірлестігінің асыл металдар зертханасында өткізілді.

Бұл жұмысты орындау кезінде қауіпсіздік техникасының бұзылуына байланысты бірқатар өндірістік жарақат алуға болады, атап айтқанда:

– ақаулы электр жабдықтарымен байланыста болған кезде және қауіпсіздік техникасын сақтамаған кезде, сондай-ақ жабдыққа химиялық белсенді орта әсер еткен кезде электр тогының соғуын болдырмау;

– қышқылдардың, сілтілердің және органикалық заттардың зиянды ерітінділерімен.

– химиялық агрессивті және улы заттармен және олардың ерітінділерімен (натрий цианиді) зақымдану қауіпті;

– механикалық жарақат алу қаупі (шыны колбалармен жұмыс істеу, жабдықты монтаждау және жөндеу кезінде);

– электр тогының соғу қаупі;

– өрт және жарылыс қаупі бар сұйықтықтармен және заттармен жұмыс істеу; жұмыс орнын жеткілікті жарықтандырылмаған.

Ықтимал қауіптер мен зияндылықтарды анықтау үшін еңбек жағдайларын талдау жасалады. Қанағаттанарлықсыз еңбек жағдайларының салдары өндірістік жарақаттану, кәсіптік аурулар мен авариялар болып табылады. Еңбек және өндіріс процестерінің қолайсыз факторлары денеге тез зақым келтіруі мүмкін. Өндірістік ортада кез –келген факторлар жұмысшылардың денсаулығына үнемі немесе ұзақ уақыт зиянды әсер ететін жағдайлар жасалуы мүмкін, ал әсер ету нәтижесі бірден емес, біраз уақыттан кейін әсер етеді.

Зертханалық қауіптер мен зияндылықтар:

– электр тогымен ;

– қыздырылған жабдықтар мен материалдар;

– ауаның зиянды заттармен ластануына жол бермеу;

– тұтанғыш және жарылу қаупі бар заттар

Еңбек жағдайларын тексеру және бағалау үшін зерттеу мен сынаудың техникалық әдістері қолданылады. Оларға, мысалы, әртүрлі анализаторлардың көмегімен ауадағы қажетсіз қоспаларды анықтау, температураның, ылғалдылықтың және ауа жылдамдығының өзгеруі жатады. Еңбек жағдайларын жан-жақты талдау Кәсіпорындар мен зертханалардың ұтымды орналасуы, жабдықтардың дизайны және технологиялық процестердің сипаты, жарақаттану мен аурулардың пайда болу мүмкіндігін болдырмайтын еңбекті ұйымдастыру бойынша ұсыныстар беруге мүмкіндік береді.

Қауіпсіздік техникасы. Міндетті шаралардың бірі зертханалар мен өндірістік үй қауіпсіздігін қамтамасыз ететін арнайы жеке қорғаныс құралдарымен жабдықтау болып табылады.

Осы магистрлік диссертациялық жұмысты орындау матадан жасалған арнайы киім, диэлектрлік қолғаптар, респираторлар немесе дәке таңғыштар, резеңке кілемшелер, жеңқаптар, резеңкеленген алжапқыш, оқшауланған құралдар мен жұқа резеңке қолғаптар қышқылдар мен сілтілермен жұмыс істеген кезде жеке қорғаныш құралдарын пайдалана отырып жүргізілді.

Жалпы талаптар. Бұл зертханада еңбекті қорғау бөліміне зертхана меңгерушісі жауап береді.

Зертханада зертханалық жұмыстарды жүргізу кезінде қолайсыз факторлардан қорғайтын материалдар бар. Қорғаныс материалдары: халат, резеңке қолғап, арнайы аяқ киім. Желдету, бөлмені жылыту, метеорологиялық жағдайларды сақтау. Зертханада жүргізілетін барлық жұмыстар басшының рұқсатымен жүргізіледі. Химиялық реагенттерді, қышқылдарды тек қызметкерлер ғана пайдалана алады.

Жұмыс ұақытында. Зиянды газдар және түтін шығаратын реагенттермен жұмыс сору шкафының астында жүргізілуі тиіс.

Күкірт қышқылын дайындау кезінде, ең алдымен, химиялық колбаға су құю керек, содан кейін ғана ерітіндіні құю керек. Ең алдымен жұмысты бастамас бұрын күкірт немесе басқа қышқылдарды қолдану пайдалану керек.

Жұмыс пипетканы жайы мен газ бөлетін орындардың желдеткіші ауаның тазалығы бойынша санитарлық нормалардың талаптарына сәйкес болуы тиіс.

ҚОРЫТЫНДЫ

Бүкіл әлемдегі алтын өндіруші кәсіпорындардың жұмыс тәжірибесін талдау алтынның 70 % - дан астамы құрамында алтын бар байырғы кендерден алынғанын көрсетеді. Қайта өңделетін кендердегі алтын құрамының ұдайы төмендеуі және өндіріске кедей және баланстан тыс құрамында алтын бар шикізатты тарту асыл металды одан әрі сорбциялық шығара отырып, оны үймелеп цианидті шаймалаудың тиімді және экономикалық тұрғыдан орынды әдісін әзірлеуге себеп болды.

Өнеркәсіпте Алтынды селективті сорбенттер болып табылатын белсендірілген көмірді пайдалану металл қоспаларының шаймалауға түсетін айналым ерітіндісінде жиналуына әкеледі, бұл шаймалау жылдамдығын біртіндеп төмендетеді және сорбцияға түсетін ерітіндідегі алтынның концентрациясын азайтады. Алтынды сорбент ретінде анион алмасу шайырларын пайдалану осы мәселені шешуге мүмкіндік береді, өйткені мыс, мырыш, кобальт сияқты металдардың цианидтік кешендері алтынмен бірге ион алмасу шайырымен сорылып, айналым ерітіндісінен шығарылады.

Осыған байланысты Алтын мен Металдарды-қоспаларды селективті дәйекті элюциялау, сорбентті қалпына келтіру және оны одан әрі пайдалану үшін дайындау маңызды технологиялық міндет болып табылады.

Жалтырбұлақ АСЖ-5 кен орнының зерттелетін технологиялық сынамасы құрамында 0,99 г/т алтын бар, құрамында 97,5 % алтын және 2,5 % күміс бар, құрамында алтыны бар аз сульфидті тотыққан кен түрін сипаттайды.

Алтын өндіру өнеркәсібінде пайдаланылатын АМ-2Б анионитінің және белсендірілген көмірдің сорбциялық сипаттамаларын салыстыру зерттеу объектісі ретінде АМ-2Б маркалы ион алмасу шайырын ұсынуға мүмкіндік берді, ол макропориялық матрицаның арқасында жоғары алмасу жылдамдығына ие, бұл процестің ұзақтығын едәуір қысқартуға мүмкіндік береді.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Царьков В.А. Опыт работы золотоизвлекательных предприятий мира. – М.: Руда и Металлы, 2004. – 112 с. ISBN 5-98191-006-2
- 2 Лузин Б.С., Голик В.И. Перспектива развития добычи золота в Казахстане// Известия вузов. Цветная металлургия. – 2004. – №3. – С. 11-16
- 3 Царьков В.А., Добросконин В.В. Извлечение золота из коренных труднообогатимых руд штата Невада // Горный журнал. – 2000. – № 11-12
- 4 Чантурия В.А., Седельников Г.В. Развития золотодобычи и технологии обогащения золотосодержащих руд и россыпей // Горный журнал. – 1998. – № 5. – С. 5-9
- 5 Сычева Е.А. Особенности переработки упорных золотосодержащих полиметаллических материалов. Благородные и редкие металлы // Труды IV международной конференции «БРМ -2003». – Донецк, 2003. – С. 204-206
- 6 Мосинец В.Н. Перспективы подземного и кучного выщелачивания золота из гидротермальных и россыпных месторождений // Горный журнал. – 1996. – № 1. – С. 108-114.
- 7 Котенко Е.А., Веселов Е.И., Александров С.М., Поле Г.П. Интенсификация процессов кучного выщелачивания// Горное дело. – 1994. – № 12. – С. 13-14
- 8 Зеликман А.Н. Вольдман Г.М., Белявская Л.В. Теория гидрометаллургических процессов. – М.: Металлургия, 1975. – 317 с.
- 9 Караганов В.В., Ужкенов Б.С. Кучное выщелачивание золота – зарубежный опыт и перспективы развития. Справочник, Москва-Алматы, 2002. 288 с.
- 10 Фазлуллин М.И. Кучное выщелачивание благородных металлов. – М.: Издательство Академии горных наук, 2001. – 647 с. ISBN 5-7892-0072-9
- 11 Бескровная В.П., Коган Д.И., Панченко Г.М. и др. Усовершенствованные технологические схемы для переработки золотосодержащих руд // Горный журнал, 2001. – № 5. С. 66-68
- 12 Барченков В.В. Технология гидрометаллургической переработки золотосодержащих флотоконцентратов с применением активных углей. Чита, Поиск, 2004 г. – 242 с. ISBN 5-93-119-133-х
- 13 Креницын Д.О. Равновесие и кинетика сорбции тиоцианатных комплексов золота (I) некоторыми анионитами: дисс. на соискание канд. хим. наук: 02.00.04. Красноярск: Институт химии и химической технологии СО РАН (ИХХТ СО РАН), 2009. – 150 с.
- 14 Рысев В.П., Садыков Р.Х., Фазлуллин М.И. Опыт кучного выщелачивания // Горный журнал. – 1994. – № 2. – С. 8-10
- 15 Гудков С.С., Дементьев В.Е., Дружина Г.Я. Кучное выщелачивание золота и серебра. Иркутск, Ирриредмет, 2004. – 352 с. ISBN 5-902234-05-х

16 Дружина Г.Я., Дементьев В.Е., Минеев Г.Г. Сырьевая база России и стран СНГ для добычи золота кучным выщелачиванием // Цветная металлургия, 2004. – № 1. – С. 4-9.

17 Никсон Г., Толстов Д.Е. Кучное выщелачивание золота из забалансовой руды карьера «Мурунтау» на совместном предприятии «Зарафшан-Ньюмонт» // Горный журнал. – 2002. – С. 125-128

18 Меретуков М.А, Санакулов К.С, Зимин А.В, Арустамян М.А. Золото: химия для металлургов и обогатителей. –М.: Руда и металлы, 2014. – 412 с. ISBN: 987-5-98191-077-7

19 Nakala M., Ruukko P. // Chem. Commun. – 2006. – P. 2890-2892

20 Паддефет Р. Химия золота/ Пер. с англ. – М.: Мир. 1982. – 259 с.

21 Набойченко С.С., Смирнов В.И.Г гидрометаллургия меди. – М.: Металлургия, 1974. – 272 с.

22 Турысбекова Г.С., Меретуков М.А, Бектай Е.К. Золото: инновации в химии и металлургии. Монография, Алматы, КазНТУ, 2015. – 632 с. ISBN: 978-601-228-838-4

23 Hibble S., Hannon A., Cheyne S. // Inorg. Chem. – 2003. –V.42.-P. 4724-4730

24 Jones L. // J. Chem. Phys. – 1957. V. 26. – P. 1578-1585

25 Jones L. // J. Chem. Phys. – 1957. V. 27. – P. 468-471, 665-672

26 Jones L. / Spectrochim. Acta. – 1963. – V.19 – P.1661-1169. Jones L. / Spectrochim. Acta. – 1963. – V.19 – P.1661-1169

27 Пятницкий И.В., Сухан В.В. Аналитическая химия серебра. – М.: Наука, 1975. – 264 с.

28 Hibble S., Cheyne S., Hannon A., Eversfield S. // Inorg. Chem. – 2002. – V.41.-P. 1042-1044, 4990-4992, 8040-8048.

29 Range K., Kuhnel S., Zabel M. // Acta Cryst. – С. -1989. –V.45. –P. 1419-1420.

30 Жданов Г.С., Шугам Е.А. // Журнал физической химии. – 1945. Т.19. –С. 519-524

31 Jones L., Penneman R. // J. Chem. Phys. – 1954. –V.22. – P.965-970.

32 Плаксин И.Н. Металлургия благородных металлов. Металлургиздат, 1958. – 367 с.

33 Плаксин И.Н. Ионообменные и экстракционные методы в химико-обогатительных процессах. – М.: Наука. – 1965. – 432 с.

34 Плаксин И.Н., Бейлин А.Ю. К теории сорбции цианистых анионов на некоторых анионитах // Избранные труды. Гидрометаллургия. – М.: Недра, 1972. – С. 153-156

35 Ф. Гельферих. Иониты. Основы ионного обмена. Москва, 1962. – 492 с.

Қосымша А

Диссертацияның тақырыбы бойынша жарияланған мақалардың тізімі

"САТПАЕВ ОҚУЛАРЫ - 2021"

СӘТБАЕВ ОҚУЛАРЫНЫҢ

ЕҢБЕКТЕРІ

I Том

ТРУДЫ

САТПАЕВСКИХ ЧТЕНИЙ

"САТПАЕВСКИЕ ЧТЕНИЯ - 2021"

Том I

PROCEEDINGS

SATPAYEV'S READINGS

"SATPAYEV READINGS - 2021"

I volume

Алматы 2021 Almaty

Keywords: degree of interaction, interaction rate, kinetics, rate constant, sodium thioselenite, sodium thiotellurite.

УДК 669.334

А. Мулик, С.С. Коньратбекова
Satbayev University, Республика Казахстан, г. Алматы
s.konyratbekova@satbayev.university

ИЗУЧЕНИЕ СОРБЦИИ И ДЕСОРБЦИИ ЗОЛОТА ИЗ ИОДИДНЫХ ПРОДУКТИВНЫХ РАСТВОРОВ

Аннотация. Статья посвящена изучению сорбции и десорбции золота и иода из продуктивных растворов после выщелачивания. Объектом исследования был ионит марки АМ-2Б и АН-21 и иодидный продуктивный раствор. В процессе данной работы определены оптимальное значение рН раствора, для сорбции золота и иода ионитами и объемная емкость смолы. Приведены результаты сорбции золота и иода в динамических и статических условиях. В ходе процесса были изучены такие свойства ионита как удельный объем набухшего ионита, насыщенная плотность и влажность. Таким образом, сорбция золота и иода из продуктивных растворов на ионитах марки АМ-2Б и АН-21 является эффективной, а элюирование золота раствором сернистого нитрата натрия достаточно полно извлекает золото в элюат (> 90 %).

Ключевые слова: сорбция, ионит, раствор, емкость, концентрация, извлечение.

При переработке золотосодержащих растворов после выщелачивания концентратов, полученных при обогащении природного сырья, растворы могут содержать примеси цветных металлов, железа и др. Поэтому для извлечения золота следует применять высокоселективные способы.

Золото из иодидных растворов после выщелачивания можно извлекать методом сорбции на анионитах. В качестве сорбентов нами предложено использовать аниониты марки АМ-2Б и АН-21, которые производятся в промышленном масштабе [1] и обладают ценными технологическими свойствами. С целью оценки и сравнения ионообменных свойств предлагаемых ионитов была проведена сорбция золота в сопоставимых условиях в статическом режиме без достижения полной обменной емкости сорбентов. Опыт проводили в конических колбах емкостью 2 дм³, в которые наливали по 1 дм³ золотосодержащего иодидного раствора и при перемешивании добавляли сорбент. Результаты сорбции золота и иода приведены в таблицах 1, 2 и на рисунке 1.

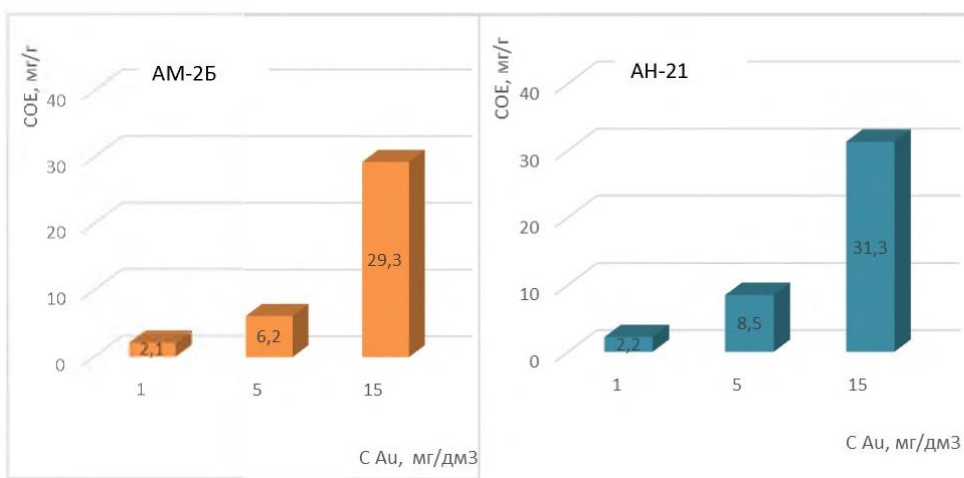
Полученные данные свидетельствуют о достаточном высоком извлечении золота предлагаемыми ионитами, причем смола АН-21 обладает более высокой емкостью по золоту. Сорбцию золота в динамических условиях проводили в колонке, в которую загружали 1 см³ сорбента. Через слой ионита пропускали золотосодержащий иодидный раствор с содержанием 50 мг/дм³ I₂ и 5 мг/дм³ Au. Согласно предварительным данным скорость пропускания раствора через колонку поддерживали ~ 40 см³/ч.

Сорбцию золота на ионитах в динамических условиях оценивали косвенно по проскоку иода в рафинат, поскольку иод связан с золотом в комплексные анионы [AuI₄]⁻ и [AuI₂]. Анализ смол показал достижение содержания металла на анионите АН-21 60 мг/г, а на анионите АМ-2Б – 40 мг/г.

Таблица 1 – Результаты сорбции золота на анионитах АМ-2Б и АН-21 при C_{I₂} исх = 5 мг/дм³

Сорбент	СОЕ, мг/г	Остаточное содержание золота в растворе, мг/дм ³	Степень извлечения золота в сорбент, %
C _{Au} исх = 1 мг/дм ³			
АМ-	2.1	0.05	95.0

2Б			
АН-21	2,2	0,01	99,0
$C_{Au_{тех}} = 5 \text{ мг/дм}^3$			
АМ-2Б	6,2	0,4	92,0
АН-21	8,5	0,2	96,0
$C_{Au_{тех}} = 15 \text{ мг/дм}^3$			
АМ-2Б	29,3	1,8	88,0
АН-21	31,3	0,9	94,0
Примечание: $V_{р-ра} = 1 \text{ дм}^3$; $V_{сорбента} = 1,5 \text{ см}^3$, насыпная масса АМ-2Б-0,42 г/см ³ , АН-21-0,3 г/см ³ , pH ~ 3.			



а

б

Условия сорбции: а, б – $C_{Au_{тех}} = 15 \text{ мг/дм}^3$;
Рисунок 1 – Результаты сорбции золота в статических условиях

Таблица 2 – Результаты сорбции золота на анионитах АМ-2Б и АН-21 при $C_{Au_{тех}} = 15 \text{ мг/дм}^3$

Сорбент	COE, мг/г	Остаточное содержание золота в растворе, мг/дм ³		Степень извлечения золота в сорбент, %
		$C_{1_{тех}}$	$C_{2_{тех}}$	
$C_{Au_{тех}} = 5 \text{ мг/дм}^3$				
АМ-2Б	29,3	1,8		88,0
АН-21	31,3	0,9		94,0
$C_{Au_{тех}} = 50 \text{ мг/дм}^3$				
АМ-2Б	30,3	1,35		91,0
АН-21	32,3	0,45		97,0
$C_{Au_{тех}} = 100 \text{ мг/дм}^3$				
АМ-2Б	31,0	1,05		93,0
АН-21	39,2	0,08		99,5
Примечание: $V_{р-ра} = 1 \text{ дм}^3$; $V_{сорбента} = 1,5 \text{ см}^3$, насыпная масса АМ-2Б – 0,42 г/см ³ , АН-21 – 0,3 г/см ³ , pH ~ 3.				

Элюирование золота сернокислыми растворами тиомочевины [2] (таблица 3, рисунок 2) не позволило достигнуть полного извлечения металла ($\epsilon_{Au} < 50\%$). Десорбция золота раствором сернокислого нитрата натрия (5 % H_2SO_4 и 50 г/дм³ $NaNO_2$), предложенная авторами работы [3], позволила достаточно полно извлечь золото в элюат (> 90 %) (таблица 4).

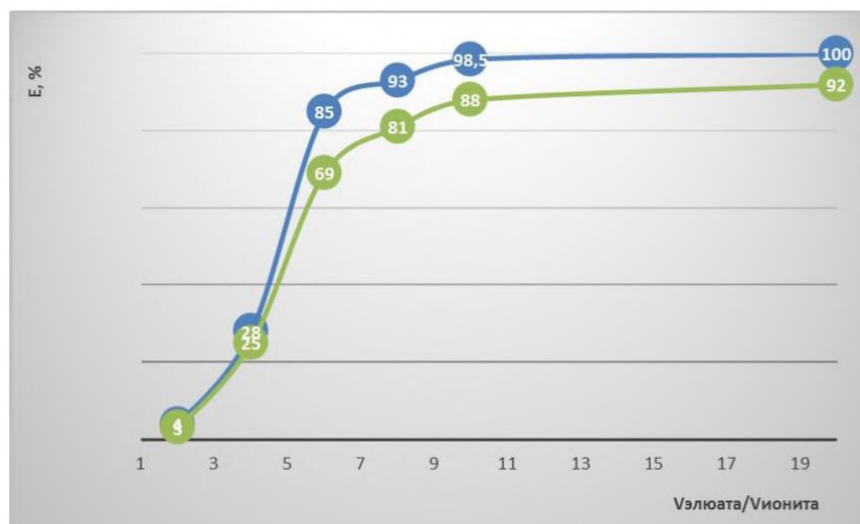


Рисунок 2 – Степень десорбции золота.

Таблица 3 – Результаты элюирования золота раствором тиомочевины

та.	Vэлюата/Vиони см ³ /см ³	CAu в элюате, мг/дм ³		Степень десорбции золота, %	
		АН-21	АМ-2Б	АН-21	АМ-2Б
2		176,6	140	3	3
4		706,6	510	15	14
6		1410	1070	39	37
8		293,3	280	44	43

Продолжение таблицы 3

та.	Vэлюата/Vиони см ³ /см ³	CAu в элюате, мг/дм ³		Степень десорбции золота, %	
		АН-21	АМ-2Б	АН-21	АМ-2Б
10		176,6	186,6	47	47
20		23,3	18,6	49	49
30		12	9,3	50	50

Примечание: Элюат С H_2SO_4 ~ 25÷30 г/дм³; С_{тиомочевины} ~ 80-90 г/дм³; приведены усредненные результаты

Таблица 4 – Результаты элюирования золота сернокислым раствором $NaNO_2$ из насыщенных ионитов АМ-2Б и АН-21.

Vэлюата/Vионита, см ³ /см ³	CAu в элюате, мг/дм ³		Степень десорбции золота, %	
	АН-21	АМ-2Б	АН-21	АМ-2Б
2	236,6	140	4	3
4	1410	976,6	28	25
6	3350	2093,3	85	69

8	470	556,6	93	81
10	323,3	326,6	98,5	88
20	17,3	37,3	100	92
30	–	18,6	100	94
35	–	9,3	100	95
Примечание: COE AM-2B = 31,0 мг/г; COE AN-21 = 39,2 мг/г; Вионита – 1,5 см ³ .				

Десорбция золота на 98,5 % может быть осуществлена 9-10-ю удельными объемами регенерирующего раствора.

Таким образом, сорбция золота и иода из продуктивных растворов на ионитах марки AM-2B и AN-21 является эффективной, а элюирование золота раствором сернокислого нитрата натрия достаточно полно извлекает золото в элюат (> 90 %).

Литература

1 Ласкорин Б.Н., Вялков В.И., Доброскокин В.В. Сорбционная технология в гидрометаллургии золота. В кн: Гидрометаллургия золота. М.: Наука, 1980, С. 76-88.

2 Патент № 2754 Республики Казахстан. Способ регенерации ионообменной смолы, насыщенной благородными металлами, 1995, бюл № 4.

3 Ергожин Е.Е., Менлигазиев Е.Ж. Полуфункциональные ионообменники Алма-ата, 1986, 303 с.

А. Мулик, С.С. Коныратбекова

Ионидті өнімді ерітінділерден алтынның сорбциясы мен десорбциясын зерттеу

Аннотация. Мақала шаймалаудан кейінгі өнімді ерітінділерден алтын мен иодтың сорбциясы мен десорбциясын зерттеуге арналған. Зерттеу нысаны AM-2B және AN-21 маркалы ионит және ионидті өнімді ерітінді болды. Осы жұмыс барысында Алтын мен иодты иониттермен сорбциялау үшін ерітіндінің рН онтайлы мәні және шайырдың көлемдік сыйымдылығы анықталды. Динамикалық және статикалық жағдайларда алтын мен иодты сорбциялау нәтижелері келтірілген. Процесс барысында иониттің ісінген иониттің белгілі бір мөлшері, сусымалы тығыздық және ылғалдылық сияқты қасиеттері зерттелді. Осылайша, AM-2B және AN-21 маркалы иониттердегі өнімді ерітінділерден алтын мен иодтың сорбциясы тиімді, ал алтынды натрий сульфат нитратының ерітіндісімен элюаттау элюатқа Алтынды толық алады (> 90 %).

Түйінді сөздер: сорбция, ионит, ерітінді, сыйымдылық, концентрация, экстракция.

A. Mulik, S.S. Konyratbekova

Study of gold sorption and desorption from iodide productive solutions

Annotation. The article is devoted to the study of sorption and desorption of gold and iodine from productive solutions after leaching. The object of the study was ionite of the AM-2B and AN-21 brands and an iodide productive solution. In the course of this work, the optimal pH value of the solution for the sorption of gold and iodine by ionites and the volume capacity of the resin were determined. The results of sorption of gold and iodine under dynamic and static conditions are presented. During the process, such properties of ionite as the specific volume of swollen ionite, bulk density and humidity were studied. Thus, the sorption of gold and iodine from productive solutions on AM-2B and AN-21 ionites is effective, and the elution of gold with a solution of sodium sulfate nitrate sufficiently fully extracts gold into the eluate (> 90 %).

Keywords: sorption, ionite, solution, capacity, concentration, extraction.

УДК 622.765

Мырзабекова К.Д., Мамбеталиева А.Р., Акказина Н.Т.

Научный руководитель: Шауतेнов М.Р. к.т.н., профессор

Satbayev University, Казахстан, г. Алматы

m.shautenov@satbayev.university

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕРАБОТКИ РУД АКТОГАЙСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ