

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ө. Байқоңыров атындағы Тау-кен металлургия институты

Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту кафедрасы




ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

МжПҚБ кафедрасының

меңгерушісі,

техн. ғыл. канд.,

 М.Б. Барменшинова
« 15 » 05 2019 ж.

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: «Оксихлоридті сілтілі металдар қатысуында алтын және алтынның ілеспелі минералдарын күкірт қышқылында еріту технологиясын зерттеу»

5B070900 – Металлургия

Орындаған

Қалибек Еркебұлан Қалибекұлы

Ғылыми жетекші

PhD доктор, лектор

 Б.Т. Алтайбаев

« 15 » 05 2019 ж.

Алматы 2019

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ө. Байқоңыров атындағы Тау-кен металлургия институты

Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту кафедрасы

5B070900 - Металлургия

БЕКІТЕМІН

МЖТҚБ кафедрасының

меңгерушісі,

техн. ғыл. канд.,

М.Б. Барменшинова

2019 ж.



**Дипломдық жұмыс орындауға
ТАПСЫРМА**

Білім алушы: Қалибек Еркебұлан Қалибекұлы

Тақырыбы: «Оксихлоридті сілтілі металдар қатысуында алтын және алтынның ілеспелі минералдарын күкірт қышқылында еріту технологиясын зерттеу»

Университет Ректорының 2018 жылғы "08" қазан №1113-б бұйрығымен бекітілген

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі 2019 жылғы "___" _____

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістері: Алтын және алтынның ілеспелі минералдарын еріту технологиялырын қарастыру және зерттеу жұмыстары

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі

- а) Алтын мен оның қосылыстарын тотықтыру және еріту жөніндегі ғылыми-техникалық ақпаратқа шолу және талдау
- б) Тотықтырғыш-натрий гипохлоритінің қатысуымен күкірт қышқылында алтынды автоклавты еріту бойынша эксперименттік зерттеулер
- в) Тотықтырғыш-натрий гипохлоритінің қатысуымен құрамында алтыны бар концентраттан күкірт қышқылында алтынды автоклавты еріту процесін және механизмін зерттеу

Сызба материалдар тізімі (міндетті сызбалар дәл көрсетілуі тиіс)

12 - кесте, 8 - сурет, 9 слайдта көрсетілген

Ұсынылатын негізгі әдебиет барлығы 46 атау.

Дипломдық жұмысты дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге көрсету мерзімдері	Ескерту
Кіріспе	11.03.2019 ж.	<i>Орындалды</i>
Алтын мен оның қосылыстарын тотықтыру және еріту жөніндегі ғылыми-техникалық ақпаратқа шолу және талдау	25.03.2019 ж.	<i>Орындалды</i>
Тотықтырғыш-натрий гипохлоритінің қатысуымен күкірт қышқылында алтынды автоклавты еріту бойынша эксперименттік зерттеулер	08.04.2019 ж.	<i>Орындалды</i>
Тотықтырғыш-натрий гипохлоритінің қатысуымен құрамында алтыны бар концентраттан күкірт қышқылында алтынды автоклавты еріту процесін және механизмін зерттеу	15.04.2019 ж.	<i>Орындалды</i>
Қорытынды	22.04.2019 ж.	<i>Орындалды</i>

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

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер, аты, әкесінің аты, тегі (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Норма бақылау	Таймасова А.Н., Магистр	14.05.19	<i>Таймасова А.Н.</i>

Ғылыми жетекші:

Алтайбаев Б.Т.

Алтайбаев Б.Т.

Тапсырманы орындаған білім алушы:

Қалибек Е.Қ.

Қалибек Е.Қ.

Күні:

" 14 " 01

2019 ж.

АҢДАТПА

Бұл дипломдық жұмыста тотықтырғыш – натрий гипохлоритінің қатысуымен күкірт қышқылында алтынды автоклавты еріту процестерін зерттеу қарастырылады.

Бірінші бөлімде алтынды, оның қосылыстарын және құрамында алтыны бар берік шикізатты еріту бойынша ғылыми-техникалық ақпаратқа шолу және талдау жасалған.

Екінші бөлім натрий гипохлорит – тотықтырғыш қатысуымен күкірт қышқылында алтынды автоклавты еріту бойынша эксперименттер жүргізудің әдістемесіне және аппаратуралық рәсімдеуге арналған.

Үшінші бөлімде тотықтырғыш-натрий гипохлоритінің қатысуымен құрамында алтыны бар концентраттан күкірт қышқылында алтынды автоклавты еріту процесі мен механизмін зерттеу бойынша деректер келтірілген.

АННОТАЦИЯ

В данной дипломной работе рассматриваются изучение процессов автоклавного растворения золота в серной кислоте в присутствии окислителя – гипохлорита натрия.

Первая часть посвящена теоретическим основам и изучению научно-технической и патентной информации по растворению золота, его соединений и упорного золотосодержащего сырья.

Вторая часть посвящена на аппаратурное оформление и методику проведения экспериментов по автоклавному растворению золота в серной кислоте в присутствии окислителя – гипохлорита натрия.

В третьем разделе приведены данные по исследованию процесса и механизма автоклавного растворения золота из золотосодержащего концентрата в серной кислоте в присутствии окислителя – гипохлорита натрия.

ANNOTATION

In this thesis work examines the processes of autoclave dissolution of gold in sulfuric acid in the presence of an oxidizing agent - sodium hypochlorite.

The first part is devoted to the theoretical foundations and the study of scientific, technical and patent information on the dissolution of gold, its compounds and refractory gold-bearing raw materials.

The second part is devoted to instrumentation and methods for conducting experiments on autoclave dissolution of gold in sulfuric acid in the presence of an oxidizing agent - sodium hypochlorite.

The third section presents data on the investigation of the process and mechanism of autoclave dissolution of gold from gold-bearing concentrate in sulfuric acid in the presence of an oxidizing agent - sodium hypochlorite.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	8
1 Алтынды, оның қосылыстарын және құрамында алтыны бар қиын алынатын шикізатты ерітудің ғылыми-техникалық және патенттік ақпаратын зерделеу	10
1.1 Алтын мен оның қосылыстарын тотықтыру және еріту жөніндегі ғылыми-техникалық ақпаратқа шолу және талдау	10
1.2 Құрамында алтыны бар қиын алынатын шикізатты қайта өңдеудің байыту және металлургиялық тәсілдеріне шолу және талдау	13
1.3 Құрамында алтын бар қиын алынатын шикізатты қайта өңдеудің цианидсіз тәсілдеріне әдеби шолу жасау және талдау	15
1.4 Алтынды, құрамында алтыны бар кендерді және концентраттарды тотықтырып алу және сілтілеу тәсілдеріне шолу және талдау	19
2 Тотықтырғыш-натрий гипохлоритінің қатысуымен күкірт қышқылында алтынды автоклавты ерітудің кинетикасы мен механизмін зерттеу	24
2.1 Натрий гипохлорит-тотықтырғыш қатысуымен күкірт қышқылында алтынды автоклавты еріту жөніндегі эксперименттерді аппаратуралық ресімдеу және жүргізу әдістемесі	24
2.2 Тотықтырғыш-натрий гипохлоритінің қатысуымен күкірт қышқылында алтынды автоклавты еріту бойынша эксперименттік зерттеулер	25
2.3 Натрий гипохлориті бар күкірт қышқылында алтынды автоклавты еріту процесінің кинетикасы	29
3 Тотықтырғыш-натрий гипохлоритінің қатысуымен күкірт қышқылында құрамында алтыны бар концентраттардан алтынды автоклавты ерітудің кинетикасы мен механизмін зерттеу	32
3.1 Тотықтырғыш-натрий гипохлоритінің қатысуымен құрамында алтыны бар концентраттан күкірт қышқылында алтынды автоклавты еріту процесін және механизмін зерттеу	32
3.2 Тотықтырғыш-натрий гипохлоритінің қатысуымен құрамында алтыны бар концентраттан күкірт қышқылында алтынды автоклавты еріту процесінің кинетикасын зерттеу	41
Қорытынды	43
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	44
А қосымшасы	47

КІРІСПЕ

Қазіргі уақытта минералдық-шикізат базасын кеңейту және Қазақстан Республикасының алтын қорын ұлғайту елдің үдемелі индустриялық-инновациялық дамуының өзекті міндеттері болып табылады. Себебі, мемлекетіміздің теңгеріміндегі құрамында алтыны бар шикізат қорларының сарқылып жатуы бір жағынан, ал екінші жағынан құрамы күрделі, әрі құрамында алтыны бар шикізатты қайта өңдеуі қиын санатына жатады [1,2].

Қойылған міндеттерді шешу үшін шикізаттың типтері мен төзімділігіне байланысты технологиялық ерекшеліктері бар, құрамында алтыны бар қиын алынатын шикізатты қайта өңдеуге жіберу маңызды.

Әлемдік және отандық практикада құрамында алтыны бар шикізатты қайта өңдеу үшін дәстүрлі түрде цианидтік әдістерді пайдаланады. Олар бір жағынан құрамында алтын бар қиын алынатын шикізатты қайта өңдеу үшін тиімділігі төмен және екінші жағынан экологиялық қауіпті болып келеді.

Осыған байланысты құрамында алтыны бар қиын алынатын кендер мен концентраттарды гидрометаллургиялық өңдеудің неғұрлым тиімді және экологиялық таза тәсілдерін әзірлеу алтын металлургиясының маңызды міндеттерінің бірі болып табылады.

Қазіргі уақытта осы талаптарға шыдайтын перспективалы цианидсіз тәсілдердің қатарына автоклавтық әдіс жатады. Ол металл сульфидтерінің неғұрлым толық тотығуын қамтамасыз етеді. Олардың көпшілігімен алтын ассоциацияланған, демек, бұл әдіс алтынның неғұрлым жоғары алынуын қамтамасыз етеді. Сонымен қатар, автоклав процесі алтын алудың цианидтік тәсілдеріне қарағанда экологиялық таза процесс болып табылады.

Құрамында алтын бар шикізаттың технологиялық ерекшеліктері оны қайта өңдеу технологиясын таңдауды анықтайды. Құрамында алтыны бар кендер мен концентраттардың қиын алынуы зиянды заттардың (сурьма, мышьяк, көмірді және сазды компоненттердің), кеннен алтын алуды қиындататын сульфидтері мен металл оксидтері бар дисперсті алтынның еркін және дәнекерленген ассоциацияларының болуымен байланысты. Әдеби деректерден, құрамындағы алтыны қиын алынатын кендерден алтынды эффективті алуға комбинирленген цианидтік және цианидсіз технологияларды қолдану кезінде қол жеткізілетіні анықталды. Бірақ, цианидтік тәсілдер адам өмірі мен қоршаған ортаға зиянды цианидті заттардың пайдаланылуына байланысты экологиялық қауіпті, әрі шикізаттан алтынды алуда және қиын алынатын кендерді қайта өңдеу кезінде тиімсіз (алтынның бөлініп алынуы 20-60 %) болып келеді [3, 4].

Қазіргі уақытта алтын мен күмісті еритін жағдайға аударуға қабілетті 40-қа жуық сілтісіздендірудің цианидсіз жүйелері (цианидтер мен патша арағы) белгілі. Мұндай жүйелерге тиокарбамид (тиомочевина), натрий тиосульфаты және аммоний, галоидтар (хлор, бром, йод), сондай-ақ кейбір органикалық қосылыстар (мысалы, гуматтар және аминқышқылдары) жатады. Бірақ бұл аталған еріткіштер, құрамында алтыны бар қиын алынатын кендерді өңдеу кезінде олардың жоғары тиімділігіне қарамастан, не жоғары бағамен, не тұрақсыздықпен немесе экологиялық қауіптілікпен сипатталады. Осы орайда, барлық таны-

мал еріткіштерден күкірт қышқылы қол жетімді және арзан реагент болмақ. Концентрацияланған күкірт қышқылы немесе оның сұйылтылған ерітінділері алтынды ерітпейді, бірақ тотықтырғыштар мен комплекс түзгіштердің қатысуымен тиімді болуы мүмкін. Осындай тотықтырғыштардың қатарында сілтілі және сілтілі жер металдарының гипохлориті күшті тотықтырғыштарға жатады. Осы тақырыпқа сай әдеби мәліметтердің жоқтығына байланысты және натрий гипохлоритінің жоғары тотығу қабілетіне байланысты құрамында алтыны бар шикізаттан алтынды тотықтырып алуды және ерітуді одан әрі зерттеу үшін бұл жұмыста еріткіш ретінде концентрацияланған күкірт қышқылын және натрий гипохлоритін тотықтырғыш ретінде тандап алынды.

1 Алтынды, оның қосылыстарын және құрамында қиын алынатын алтыны бар шикізатты еріту жөніндегі ғылыми-техникалық және патенттік ақпаратты зерделеу

1.1 Алтын мен оның қосылыстарын тотықтыру және еріту жөніндегі ғылыми-техникалық ақпаратқа шолу және талдау

Алтын – ең асыл, әрі тотығу-тотықсыздану электропотенциалдылығы ең жоғары «он» зарядталған төмен активті метал болып табылады. Сондықтан, ол – көптеген тотықтырғыштарға төзімді. Ол электронды бейтарап атомға - электронға қосылғанда бөлінетін ең үлкен энергиямен сипатталады - 2,31 эВ. Бұл оттегі, күкірт, сутегі, азот және көміртегі кез келген температурада әрекет етпейтін жалғыз металл. Алтын сілтіде де, күкірт, азот, тұз (бөлек) сияқты қышқылдарда да, сондай-ақ органикалық қышқылдарда да ерімейді [5, 6]

Алтынның химиялық инерттілігінің себептері, оның аква-иондарының өте төмен тұрақтылығымен байланысты тотығу-тотықсыздану потенциалының (E) жоғары мәндерінде жатыр. Таза табиғи алтын реакцияға түсу үшін ол тотығу керек, яғни келесі процестер болуы тиіс: $Au^{\circ} - e = Au^{+}$ ($E^{\circ} = +1,83$ В) немесе $Au^{\circ} - 3e = Au^{3+}$ ($E^{\circ} = +1,52$ В) немесе $Au^{\circ} + 3H_2O = Au(OH)_3 + 3H^{+} + 3e^{-}$ ($E^{\circ} = +1,45$ В). Бұл энергияның аса үлкен шығынын талап етеді, яғни бірінші реакция үшін $\Delta G^{\circ}_{298} = + 43,35$ ккал, ал екінші реакция үшін $\Delta G^{\circ} = +109,3$ ккал [7]. Алтынның Au^{3+} ионы өте күшті судан оттегіні ығыстыруға қабілетті тотықтырғыш болып табылады: $4Au^{3+} + 6H_2O = 4Au^{\circ} + 3O_2 + 12H^{+}$. Үшвалентті алтын, қуатты тотықтырғыш ретінде көптеген тұрақты қосылыстар құрайды. Олардың қарапайым түрлері - $AuCl_3$, $AuBr_3$ және AuI_3 әлсіз иондық сипатқа ие және ұшқыш болып келеді [7-9].

Алтынның тотығу процестері өте қатты тотықтырғыштың E° -мен, алтынның үлкен редокс-потенциалының қатысуымен ғана жүруі мүмкін. Өйткені, өздігінен жүретін реакцияларда ЭДС = $E^{\circ}_{ox} - E^{\circ}_{red}$ нөлден жоғары болуы тиіс. Ал, реакция барысында Гиббстың еркін энергиясының азаюы, яғни ΔG 0-ден кем ($\Delta G = \Delta H - T\Delta S$, мұндағы ΔH - энтальпияның өсуі, S - энтропияның өзгеруі). Мұндай алтынның тотықтырғыштары: Bi_2O_5 ($E^{\circ} = +1,759$ В), PbO_3^{2-} ($E^{\circ} = + 2,001$ В), MnO_4^{2-} ($E^{\circ} = + 2,27$ В), Co^{3+} ($E^{\circ} = + 1,95$ В), SF_6 ($E^{\circ} = + 3,36$ В), F_2 ($E^{\circ} = + 2,98$ В [8, 10]) және т.б. болуы мүмкін. Бірақ, бұл тотықтырғыштардың сулы ерітіндідегі әсері судың термодинамикалық тұрақтылық аймағының шектерімен шектеледі, яғни – $E_{O_2/H_2O} = 1,229 - 0,0592$ рН және $E_{H_2O/H_2(g)2OH^{-}} = 0,000 - 0,0592$ рН, сутегі мен оттегінің асқын кернеуінің құбылысы салдарынан нақты аздап кеңейеді [8, 11, 12]. Алтын күшті тотықтырғыштардың қатысуымен концентрацияланған H_2SO_4 бірге минералды қышқылдарда, атап айтқанда, азот немесе йод қышқылдарымен, марганец диоксиді бар ерітінділерде ериді [8].

Стандарттардан өзгеше жағдайларда алтынның тотығу реакцияларының жүруі Нернст теңдеуімен анықталады:

$$E = E^{\circ} + (RT/nF) \cdot \ln(\alpha_{окисл}/\alpha_{восст.}) \quad (1)$$

немесе металдың (атап айтқанда, алтын) тұзды ерітіндісі үшін:

$$E = E^{\circ} + (RT/nF) \cdot \ln \alpha_{Me^{n+}}, \quad (2)$$

мұндағы R – газды тұрақтылық, $R = 8,314$ Дж/моль;

T – температура, К;

n – реакцияға қатысатын электрондар саны;

F – Фарадей саны, $F = 96493$ Кл/моль;

$\alpha_{Me^{n+}}$ – металл катионының ерітіндідегі белсенділігі [8].

Теңдеу металдың редокс-потенциалының флюидтегі оның иондарының белсенділігіне (концентрациясына) тікелей тәуелділігін көрсетеді. Ерітіндідегі алтын иондарының мөлшерін төмендетуге оларды берік кешендерге байланыстыратын белсенді лигандтардың болуымен қол жеткізіледі. Осылайша алтынның тотығу потенциалы төмендейді және оны ерітудің термодинамикалық алғышарттары жасалады. Метал аз асыл болып, өз электрондарын тотықтырғышқа береді [8].

Алтынның кешенді қосылыстарының тотығу-тотықсыздану потенциалы аква-ионға қарағанда біршама төмен, сондықтан галонид-иондар сияқты аддендтердің реакцияларына қатысқан кезде алтынның тотығуы олардың жоқтығына қарағанда әлсіз тотығуы мүмкін. Редокс-потенциалы төмендететін кешенді түзілу процестері хлоридті, бромидті және йодидті суларда, тотықтырғыш ретінде қарапайым хлор, оттегі, марганец қос тотығы, хлорид немесе темір сульфаты (III) бар тиомочевина ерітінділерінде алтынның жақсы еруін алдын ала анықтайды.

Сонымен қатар, кешен құру алтын қосылыстарының тұрақтылығын арттыруға ықпал етеді. Аурумның құрылуы, тотықсыздану орталарында тұрақты кешендері күкірт құраушы лигандармен, цианидтермен және аммиакпен жүреді [7, 8]. Демек, алтынның гидротермалды ерітіндісінде ауыспалы валенттілік элементі ретінде ерігіштігі мен болу нысаны жүйенің тотығу-тотықсыздану потенциалына, сондай-ақ белсенді аддендтердің құрамына, қышқылдыққа-сілтілікке, температураға және жүйенің иондық күшіне тікелей тәуелді болады [8].

Алтынның құрамында күкіртті қосылыстары әртүрлі және кең таралған.

Алтын суда еритін алтын кешендерін құрайды: (I) және (III) валентті күкіртпен: $[AuS]^{-}$, $[Au(HS)_2]^{-}$, $[Au(H_2S)_2]^{+}$, $[Au(H_2S)]^{+}$, $[Au(HS)]^0$, $[Au_2(HS)_2S]^{2-}$, $[Au(H_2S)(HS)]^0$, $[Au(H_2O)S]^{-}$, $[Au(SO_3)_2]^{-}$, $[Au(S_2O_3)]^{3-}$, $[Au(SO_4)]^{-}$, сондай-ақ бір, екі және үш валентті күйде қатты сульфидтер түзеді – Au_2S , AuS және Au_2S_3 [7].

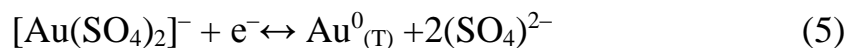
Алтынның гидросульфидті ерітінділерде жоғары ерігіштігі С. Огрызло (1935) мен О.Е. Звягинцевымен (1941) [8, 14], тиосульфатты ерітінділерде Н.Г.Тюрины және И. К. Каковски (1960) [8, 15] эксперименттік түрде орнатты. К. Краускопф (1951) тепе-теңдік константасының шамасын ($K=1 \cdot 10^{-6}$) және Гиббс энергиясының ($\Delta G = 8$ ккал/моль) реакцисын есептеді:



сондай-ақ, жартылай реакцияның редокс-потенциалын ($E_{AuS^-/Au^0}^- = -0,48 \text{ В}$) анықтады



Б. И. Пещевицкийдің басқа авторлармен [8, 16] алтын сульфатты кешенінің жартылай реакциясы кезіндегі стандартты редокс-потенциалын анықтады.



және ол өте жоғары болды: +1,47 В.

В. И. Белеванцевтің бірлескен авторларымен [8, 9] зерттеулерінде $[Au(SO_4)_2]^-$ сульфат кешені құрамында күкірті бар басқа қосылыстардың қатысуымен тұрақты еместігі анықталды, өйткені алтын жоғары потенциалға ие ($E^0 = +1,47 \text{ В}$) болып келеді. Сондықтан, ол басқа адденд – комплекс түзушілердің қатысуымен өзін – өзі өндіретін алтын үшін де белсенді тотықтырғыш болуы мүмкін және оны қалыптастыру үшін $[SO_4]^{2-}$ лигандасы, яғни күкірт қышқылының жоғары концентрациясы қажет.

Құрамында күкірті бар кешендер тұрақтылығының салыстырмалы қатары тотығу-тотықсыздану потенциалымен және жүйенің рН-мен анықталады. Мысалы, Х. Л. Барнс (1982) [8, 10] құрамында күкірті бар ингредиенттердің белсенділігінің бірқатар жоғарылауы ортаның тотығу потенциалының артуымен (мысалы, рН = 9 кезінде) көрсетті:

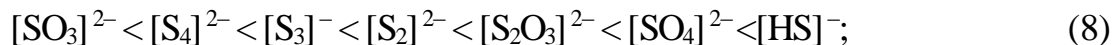
– тотықсыздану жағдайы ($\lg a_{O_2} = -90$, $E_h = -0,4 \text{ В}$):



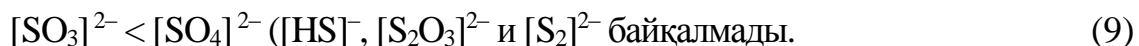
– нашар тотықсызданатын орта ($\lg a_{O_2} = -80$):



– бейтарап тотығу жағдайы ($\lg a_{O_2} = -72$):



– әлсіз тотығу жағдайлары ($\lg a_{O_2} = -55$, $E_h = +0,2 \text{ В}$):



Металдар, оның ішінде алтын да құрамында күкірті бар кешендер осы лигандтық бөлшектердің көпшілігімен, оның ішінде бағынышты формаларды - полисульфидтер, тиосульфаттар және сульфиттер, бірақ термодинамикалық басым сульфидтер мен сульфаттардың құрамынан асып түсетін концентрациялар кезінде пайда бола алады [8, 10].

Осылайша, әдеби деректерден күкіртті сілтілі-тотықсыздандыру орталарындағы алтынның нақты және тұрақты нысандары гидросульфидті және сульфидті, ал бейтарап және аз нашар тотықсызданатын орталарда-сульфатты және тиосульфатты кешендер болып табылады [8, 11].

1.2 Құрамында алтын бар қиын алынатын шикізатты байыту және металлургиялық қайта өңдеудің тәсілдеріне шолу жасау және оны талдау

Құрамында алтыны бар Республикамыздың көптеген кендері "металы қиын алынатын" кендерге тән болып келеді. Жер қыртысының жоғарғы горизонттарында ол көмірдің және сазды-шламды бөлшектердің болуымен, жыныс құраушы минералдарға көмумен байланысты, сондай-ақ жер қыртысының орташа және төменгі горизонттарында ол жұқа дисперсті алтынның сульфидтермен және метал оксидінің ассоциацияларымен анықталады. Құрамында алтыны бар "қиын алынатын" кендердің басқа ерекшеліктеріне – заттық құрамы (мышьяк пен сурьманың зиянды қоспаларының болуы), дисперсиялық алтынның ірілігі мен бүркемелігінің сипаты, алтынның геометриялық формалары және т.б. жатады. [12, 15].

Қайта өңделетін алтын құрамды шикізаттың технологиялық ерекшеліктеріне байланысты қайта өңдеудің әртүрлі тәсілдері – металлургиялық тәсілдермен құрамдастырылған байыту тәсілдері [13, 14], тікелей байыту немесе металлургиялық тәсілдер қолданылады [12].

Құрамында алтын бар кендерді байыту тәсілдері кен дайындау тәсілдерінен (ұсақтау, елеу, сұрыптау, ұсақтау) және дайындалған кенді байыту әдістерінен (гравитация, флотация, магнитті сепарация және т.б.) тұрады [15-39]. Құрамында алтыны бар кендер мен концентраттарды металлургиялық өңдеуге циандау (немесе сілтісіздендірудің өзге де тәсілдері), амальгамациялау, күйдіру, пульпалар мен ерітінділерден алтынды алудың сорбциялық әдістері, алтынды алудың экстракциялық әдістері, гидрохлорлау, авто-клаверлік тотығу кіреді [12].

Құрамында еркін ірі және орта алтыны бар кендердің барлық түрлерін өңдеу кезінде кеннен көрсетілген іріліктің еркін алтынын толығымен табысты бөліп алатын кенді ірі ұсақтау немесе дезинтеграциялау және гравитациялау сияқты байыту әдістерін қолдану жеткілікті. [13, 14].

Кендерде еркін орта, ұсақ, жіңішке алтынды ашу үшін, әдетте жұқа ұсақтау қолданылады, бірақ ол тегістелген және қауымдасқан дисперсті алтынды толық ашпайды. Сондықтан құрамында тегістелген және қауымдасқан дисперсиялық орташа, ұсақ және жіңішке алтын бар кенді байыту үшін флотация немесе металлургиялық әдістерді күйдіру, цианирлеу және амальгамация ретінде қолданады, және өте сирек жағдайларда-трациялық гравитациялық тәсілдер (бөлектеу машиналарында, концентрациялық үстелдерде байыту және т. б.) қолданылады [16].

Металл сульфидтерімен байланыстырылған ұсақ, жұқа және жұқа дисперсті алтынды, сондай-ақ бос және минералдар өсінділері [14, 18] кендерден

флотациямен, кейде сирек-дәстүрлі гравитациялық тәсілдермен (себебі олар бұл алтынды нашар алады) алады.

Бұл ретте флотациялық үдерістер таңдалып алынған тәсілді және тасушы-минералдардың флотациялық қасиеттерін есепке алуды талап етеді. Мысалы, ауыр түсті металдарды алу үшін оңтайлы және олардың қасиеттерін ескеретін флотация жағдайлары, алтынды алу үшін әрдайым қолайлы емес, әсіресе сульфидті күкірт концентрациясы 100-500 мг/л, алтын флотациясын басу басталатын жоғары құнарлы орта. Сондықтан флотация кезінде тәжірибелік түрде ортаның қалыпты рН мәндерін және күкіртті натрийдің концентрациясын, селективті және тиімді жинағыштармен ксантогенаттардың үйлесімін (МКБТ, S-703) іріктейді, сондай – ақ ұсақтаудың дамыған сызбаларын және флотациялық операциялардың сатылылығын қолданады. Бұл ретте ашық кезде еркін ірі алтынды гравитациямен, ұсақтау сатылары арасындағы орташа ірілік алтынды және ұсақ флотацияны алдын ала бөліп алуды көздейді.

Құрамында ұсақ, жұқа және жұқа дисперсті алтын бар кенді өңдеудің осындай күрделі технологиялық сызбаларын жеңілдету үшін байыту әдістері металлургиялық әдістермен біріктіріледі: цианирлеу, тотықтырғыш күйдіру немесе балқыту [17, 18].

Құрамында алтын бар кендерді өңдеудің металлургиялық тәсілдері, сондай-ақ беті ашылған кеуекті алтыны бар кендер үшін де қолданылады. Дұрыс пішінді алтын (дөңгелек, текше) кеннен гравитациямен жақсы алынады, бірақ флотациямен нашар болып келеді [19].

Жақсы флотациялану – алтынның пластиналы, қабыршақты және басқа да дұрыс емес формаларына қолдану тиімді.

Құрамында алтыны бар кендерді өңдеудің технологиялық сұлбасын таңдауға алтын бетіндегі пленкалардың болуы және кеннің сипаты да әсер етеді. Оларға, сазды, көмірлі, сульфидті, тотыққан немесе мышьяқты кеннің сипаты жатады. Мысалы, беткі қабаты таза алтын гравитация, флотация, цианирлеу және амальгамациямен жақсы алынады. Ал беткі қабаты пленкамен қапталған алтынды, оның бетінде оксидті пленкаларды бұзатын қосымша механикалық және химиялық әдістерді қолдана отырып шығарылады.

Құрамында алтыны бар тотыққан, аралас, аз сульфидті алтын-кварцты, баланстан тыс кедей кендерді, кенденуі бос (цианидтелетін, ашық өсінділерде) ұсақ және жұқа алтынмен, беткі қабаты ашық (тотықты қоспасыз) жарықшактарға бөлінген техногендік материалдарды зиянды қоспасыз (мышьяк, сүрме, көміртегі) өңдеу үшін цианидті схема пайдаланылады: алдын ала кен-дайындау (ұсақтау, ұнтақтау, жіктеу және т.б.) және байыту әдістерін қолданбай ұсақталған кендер мен материалдарды тікелей үймелеп шаймалау (Серро Колорадо кендері, Май, Кузнецов, Меркьюр, Олимпиада, Лопухов, Рудная, Кировское, Покровский, Воронцовск, Васильковское, Жанан, Орталық Мұқыр, Суздаль Шоқысы) [20-22].

Еркін ірі – ұсақ алтынмен тотыққан және аралас кендер гравитациялық-цианидтік схема бойынша өңделеді (Тибек-Май, Олимпияда кендері).

Жұқа дисперсті күйдегі алтын сульфидтермен және құрамында мышьяк бар минералдармен ассоцияланған аралас, аз сульфидті алтын-колчеданды-

полиметалл кендері кен дайындаудың дамыған тәсілдері (СерроКолорадо кендері), шындау (Коннемар кендері), құрамында мышьяк бар кендерді бактериялық сілтілеу (Олимпиада кендері), автоклавты тотықтыру (Меркьюр кендері) сияқты алдын ала (үймелеп шаймалауға дейін) ашу әдістерін пайдалана отырып өңделеді.

Сонымен қатар, пиритті концентраттарға терең энергетикалық әсер ету сияқты цианидтеу алдында тиімді пайдалануды көрсететін [40-47] жұмыстары да белгілі. Бұл операциялар оларды алдын ала ұсақтау операцияларын немесе бір мезгілде 90%-ға дейін және одан да көп алтын алу кезінде металлургиялық әдістерді болдырмауға мүмкіндік береді.

Осылайша, берік тотыққан, аралас және аз сульфидті кендерден цианидтік тәсілмен (үймелеп сілтілеу) алтынды жоғары ретпен алу (70-90%), ол сілтісіздендіру қалдықтарында 0,5-1,0 г/т аспайтын мөлшерде болған кезде жұқа дисперсті алтынды алдын ала алудың қосымша тәсілдерін қолдану есебінен қамтамасыз етіледі.

Жоғарыда көрсетілген кенді қайта өңдеудің цианидті және гравитациялық-цианидті технологияларының бірқатар артықшылықтарының болуына қарамастан (алтынның жоғары алынуы, оның үйінді қалдықтарында аз болуы, цианидті қойыртпақтар оңай қойылтылады және сүзіледі; цианид шығыны 1 тонна кенге 0,5-1,0 кг аспайды) үймелеп шаймалау әдісі келесі кемшіліктерге ие:

- адамдардың өмірі мен қоршаған ортада зиянды қауіпті цианидтерді пайдалану;

- қиын алынатын кендерден "тікелей" цианидтеу арқылы жұқа дисперсті алтынды алу бойынша төмен көрсеткіштер (20-60%).

1.3 Құрамында алтыны бар қиын алынатын шикізатты қайта өңдеудің цианидсіз тәсілдеріне әдеби шолу жасау және талдау

Отандық және әлемдік тәжірибеде цианидтік тәсілдерді басқа да баламалы цианидсіз тәсілдермен ауыстыру мүмкіндіктерін зерделеу бойынша қарқынды жұмыстар жүргізілуде [23-25].

Құрамында алтыны бар сульфид кендерін өңдеудің *цианидсіз технологиясы* Тобато зауытында (Кова-Сейко кәсіпорны, Жапония) қолданылады. Онда алтынды, сондай-ақ оған ілеспе басқа да құнды компоненттерді: күкіртті, мысты, мырышты, қорғасынды, күмісті концентраттан шығару жоғары температуралы хлорлау (хлоридовозгонка) әдісімен концентраттарды тотықтырып күйдіруден басталады [24]. Бұл технология концентраттардан металдарды жоғары дәрежеде айдауды қамтамасыз етеді, %: мысты – 92, қорғасынды – 95, мырышты – 98,2, алтынды – 97, күмісті – 82. Алайда, ол капиталды қажет етеді (КС-тің 3 пешінде күйдіру, 2 айналмалы құбырлы пештерде күйдіру, газдарды көп сатылы жуу мұнарасында тазарту, скрубберлер мен электр сүзгілерде) және экологиялық қауіпсіз емес.

Қиын алынатын алтын-ұстағыш кендерді қайта өңдеудің цианидсіз әдістерінің басқа нұсқалары белгілі [20-25]. Мысалы, бірнеше он жыл бойы еріткіштерді цианидтермен салыстыра отырып зерттеген және технологиялық бағалау бойынша жүйелі зерттеулермен Иргиредметте бірқатар еріткіштерді зерттеу және технологиялық бағалау жөнінде жүйелі зерттеу жұмыстары жеткілікті түрде көрсетілген. Олар үшін берік алтын және күміс кендердің түрлері тиокарбаидты шаймалау (ТКШ) негізінде қайта өңдеудің цианидсіз гидрометаллургиялық технологиясы неғұрлым ұтымды ұсынылады. Зерттеу барысында еріткіштердің кинетикалық белсенділігі мен әсерінің селективтілігі, олардың әртүрлі конструкциялық материалдарға әсері бойынша агрессивтілігі, реагенттердің құны (ірі масштабты өндірістің мүмкіндіктерін ескере отырып), ерітінділерден металдарды алудың тиімді әдістерінің болуы, сондай-ақ ағынды суларды және гидрометаллургиялық өндірістің қалдықтарын залалсыздандырудың сенімді тәсілдерінің болуы сияқты факторлар зерттелді. Кен шикізатының технологиялық түрлері анықталды, оларға қатысты тиокарбаидті технология техникалық-экономикалық тиімділікті цианидтеумен салыстырғанда анағұрлым жоғары болуын қамтамасыз ете алады. Оларға, ең алдымен, бір мезгілде алтын мен мыс, алтын мен сурьма бар кешенді кендер мен концентраттар; күміс кендері (негізінен сульфидті нысандардағы күміс) және басқа да кейбір материалдар, соның ішінде құрамында Au және Ag бар бағалы металдардың (мыс, мырыш, уран және т. б.) гидрометаллургиялық өндірісінің өнімдері [23].

Құрамында хлоры бар алтын еріткіштерін пайдалану тәжірибесі сөзсіз назар аударуға тұрарлық. ХІХ ғасырдың соңында кен шикізатынан алтынды хлоринациялық түрде шаймалау әдісі (гидрохлорлау) кейбір алтын өндіретін кәсіпорындарда қолданылғаны белгілі [24, 26]. Алайда, кейіннен ол барлық жерде өнеркәсіптік практикадан анағұрлым жетілдірілген цианидтік үдеріспен ығыстырылды. Соңғы жылдары құрамында көміртегі бар кендер мен концентраттарды (АҚШ-тағы Carlin фабрикасы және басқа объектілер) цианидтеу үшін қиын алынатын кенді қайта өңдеуге, сондай-ақ алтынды жерасты сілтілеу (ЖС) технологиясын игеруге байланысты гидрохлорлауға қызығушылық қайтадан өсті.

Иргиредметтің ғалымдарымен әзірлеген ерітінділерден алтынды сорбциялық-цементтеуді қолданатын ($Cl_2+NaCl+HCl$) жерасты хлоринациялық шаймалау технологиясы Иргиредмет пен Орал Тау-кен-геологиялық компаниясының жұмыстарында дамыды және Оңтүстік Африкадағы ХХІІ Халықаралық конгресте (2003 ж.) шетелдік мамандармен жоғары бағаланды. Сондықтан Алтынды алудың гидрохлоринациялық әдісі оларды өнеркәсіптік пайдалану тұрғысынан өте қолайлы перспективаға ие деп ойлаудың барлық негіздері бар.

Әлемдік ғылымда рН неғұрлым жоғары (гидрохлорлаумен салыстырғанда) мәндерінде "жұмыс істей алатын" бромды сілтісіздендіру жүйелерімен ЖС жағдайында хлорды ауыстыру мүмкіндіктерін анықтау бойынша зерттеулер белгілі және сондықтан карбонатты минералдардың жоғары құрамы бар кендерді қайта өңдеуге неғұрлым жарамды.

Соңғы жылдары алтынды бромды шаймалау процесі әлемнің көптеген елдерінде өте белсенді зерттелді. Бұл еріткішке қызығушылық негізінен оның алтынға, сондай-ақ басқа да асыл металдарға (Ag, Pt, Pd) қатысты жоғары кинетикалық

тикалық қабілеттілігінен туындады. Иргиредмет ғалымдары еріткіштерді келесі кезектілікте пайдалану кезінде алтынның еру белсенділігі төмендегенін көрсетті [48, 50]: бром - хлор - сілті цианидтері – тиокарбамид. Бұл тұжырым асыл металдардың гидрометаллургиясында бромды сілтілеуді қолданудың үлкен перспективаларын куәландырады. Бастапқы шикізатта алтынның химиялық депрессорларының (негізінен мыс пен сурьма минералдарының) немесе NaCN-да еркін алтынның ірі бөлшектерінің болуына байланысты цианидтеу үлкен ұзақтықпен сипатталатын кендер мен концентраттар тиімді өңделеді [27, 28]. Мұндай объектілердің құрамына гравитациялық концентраттар жатады. Мысалы, берілген жұмыс бойынша [27], құрамында ~500 г/т Au бар гравиконоцентраттарды қайта өңдеу кезінде цианидті және бром-бромид шаймалаудан алынған ерітінділеріне алтынды бірдей алуға 24-48 сағат ішінде (NaCN) 1-ші жағдайда, ал 2-ші кезеңде 4-6 сағат ішінде, яғни 6-8 есе жылдамырақ алынады. Алтын кен шикізатын қайта өңдеудің отандық тәжірибесінде гравитациялық байыту рөлінің жасына байланысты бұл фактор елеулі практикалық мәнге ие болуы мүмкін.

Алайда бромды шаймалау процесі технологиялық тұрғыдан әлі де жеткілікті зерттелмеген. Бромды қолдану реагенттің неғұрлым жоғары шығынымен (алтынмен қатар, ол кеннің басқа да компоненттерін тотықтырады), жабдықты коррозиядан қорғау қажеттілігімен және басқа да проблемалармен байланысты, олардың қатарына бромның және оның негізіндегі еріткіштердің уыттылығы жатады. Олар үшін өндірістік ғимараттардың ауасында (Br - 0,5 мг/м³, HBr - 2 мг/м³) және ағынды суларда рұқсат етілген концентрациялардың жеткілікті қатаң нормалары бар.

Экология талаптарына сәйкес, сондай-ақ құрамында йоды бар алтын еріткіштерін пайдалану да тиімсіз.

XIX ғасырда (1850 және 1858 жж., цианидті технология құрылғанға дейін 30 жыл бұрын) цианидсіз еріткіштермен кендерден күміс алу үшін тиосульфаттарды – Na₂S₂O₃ қолдану мүмкіндігі зерттелді (1850 ж., Перси), ал осы үрдістің өнеркәсіптік сынақтары Богемияда 1858 ж. өткізілді. Сол уақытта AgCl-дың күміс хлоридінің тиосульфаттарында жоғары ерігіштігі анықталды.

Осыған байланысты қазіргі уақытта тиосульфатты шаймалауды (ТСШ) күміс кендерді хлорлап күйдірген құрамында хлорид түрінде Ag бар күйінділерге қолданады [29, 30]. Сондай-ақ, гидрохлоринациялық технологияға қосымша ретінде кешенді алтын-күміс шашыранды кендерге ТСШ осы тәсілін қолдану бойынша жұмыстар да белгілі. Бұл әдіс алтынды ерітінділерге күмістен бөліп, ал күмісті AgCl түріндегі сілтілеу кектеріне ауыстыруға мүмкіндік береді.

Белгілі жұмыстар бойынша [29, 31] тиосульфатты ерітінділерге алтын мен күмісті еріту бойынша жоғары көрсеткіштерге тек жоғары температураларда (80 °C және одан жоғары) қол жеткізіледі. Бұл жағдайда алтынның, әсіресе күмістің еру жылдамдығы стандартты цианидті шаймалауды жүзеге асырудан айтарлықтай (бірнеше есе) асып түседі. Ең көп дәрежеде сүрме, мыс және кейбір басқа да күшті алтын және күміс бар кендерді өңдеу кезінде көрінеді. Алайда, айтарлықтай энергетикалық шығындар (қойыртпақты қыздыруға) тио-

сульфаттың термохимиялық ыдырауы есебінен еріткіштің жоғары шығынымен үйлескенде $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ жоғары кинетикалық белсенділікпен байланысты ТСШ тәсілінің артықшылықтарын төмендетеді. Сондықтан ТСШ әдісі гидрохлорлау сияқты, қазіргі уақытта алтын өндіру өнеркәсібінде іс жүзінде пайдаланылмайды.

Сондай-ақ, Иргиредметтің қиын алынатын кендерді үймелеп күкірт қышқылымен шаймалау, ал марганецті алтын-күміс кендерін цианидтеу жұмыстары белгілі. Бұл күкірт қышқыл ортада құрамында күмісі бар пиролюзитті алуға және сілтілеуге негізделген, бір мезгілде MnO_2 күмісті ерітумен екі валентті темір сульфатымен, сондай-ақ бастапқы шикізатта еркін металл алтынның құрамында болатын (ішінара) бос металл алтынның сульфатымен ұсақтауға арналған жұмыстары да белгілі. Бұл технология жартылай өнеркәсіптік масштабта сынақтан өтті және Хаканджин кен орны (Хабаровск өлкесі) кенінен күмісті, алтынды және марганецті алу үшін практикалық қолдануға ұсынылды [29, 32].

Технология мыналарды қамтиды: кенді FeSO_4 қатысуымен күкірт қышқылды ерітінділермен шаймалау, сульфатты пульпадан Ag және Au бөліп алатырып флотациялық жолмен алынған концентратты метал Дореге балқыту, флотация қалдықтарының сұйық фазасынан марганецті тұндыра отырып, MnO_2 тауарлық диоксидін алу және FeSO_4 еріткіштің электрохимиялық регенерациясы. Жұмыс авторларының пікірі бойынша [33] марганецті алтын-күміс кендерін өңдеудің басқа балама нұсқаларымен салыстырғанда осы технологияның басты артықшылығы болып табылады:

- кеннің барлық үш бағалы компоненттерін: күміс, алтын, марганецті жоғары сапалы тауар өнімдеріне кешенді бөліп алу;
- ағынсыз гидрометаллургиялық процесті ұйымдастыру мүмкіндігі;
- улы емес және айналыста ыңғайлы еріткіш реагентті (темір сульфатын) пайдалану, мысалы, әдетте осы мақсаттар үшін қолданылатын күкіртті газдан немесе аммоний сульфитінен – $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3$.

Алайда, белгілі әдіс бойынша [34] асыл металдарды тек пиролюзитпен ассоциацияланған металдардан алу мүмкіндігі көрсетілген, бірақ оларды сульфидті және басқа да тотықты минералдармен алтын мен күмісті басқа ассоциациялардан алу механизмі бойынша мәліметтер жоқ.

Осылайша, қазіргі уақытта алтын мен күмісті еритін жағдайға аударуға қабілетті 40-қа жуық цианидсіз сілтісіздендіру жүйелері (цианидтер мен патша арағынан басқа) белгілі. Бірақ олардың көбі ғана асыл металдардың гидрометаллургиясында өнеркәсіптік пайдалануды табады. Мұндай жүйелерге тиокарбамид (тиомочевина), натрий тиосульфаты және аммоний, галоидтар (хлор, бром, йод), сондай-ақ кейбір органикалық қосылыстар (мысалы, гуматтар және аминқышқылдары) жатады [25-31]. Бірақ бұл аталған еріткіштер, құрамында алтыны бар қиын алынатын кендерді өңдеу кезінде олардың жоғары тиімділігіне қарамастан, не жоғары бағамен, не тұрақсыздықпен немесе экологиялық қауіптілікпен сипатталады. Көрсетілген сипаттамалар бойынша ең қолайлы еріткіш күкірт қышқылы болып табылады.

Сонымен қатар, күкірт қышқылы қолжетімді және арзан реагент. Классикалық жұмыстардан бұл еріткіш алтынды ерітпейтіні белгілі. Алайда қойыл-

тылған күкірт қышқылы немесе оның сұйылтылған ерітінділері тотықтырғыштар мен комплекс түзгіштердің қатысуымен тиімді болуы мүмкін. Осыған байланысты ол басқа адденд – кешен құраушылардың қатысуымен өзін – өзі өндіретін алтын үшін де белсенді тотықтырғыш бола алады, бұл ретте оны қалыптастыру үшін лиганд – $[\text{SO}_4]^{2-}$, яғни күкірт қышқылының өте жоғары концентрациясы талап етіледі.

Бұл туралы [8, 17] мәліметтері дәлелдейді, соған сәйкес түзілетін сульфат кешені $[\text{Au}(\text{SO}_4)_2]^-$ жоғары потенциалға ие ($E^0=+1,47 \text{ В}$). Осыған байланысты ол басқа адденд – кешен құраушылардың қатысуымен табиғи таза алтын үшін де белсенді тотықтырғыш бола алады, бұл ретте оны қалыптастыру үшін лиганд – $[\text{SO}_4]^{2-}$, яғни күкірт қышқылының өте жоғары концентрациясы талап етіледі.

1.4 Алтынды, құрамында алтыны бар кендерді және концентраттарды тотықтырып алу және сілтілеу тәсілдеріне шолу және талдау

Белгілі жұмыста [34] кеннен алтынды алу кезінде тұз немесе басқа да минералды қышқыл ерітіндісін қолданады. Ол оны кенге берер алдында тікелей натрий немесе калий тауарлық сілтілі гипохлорит ерітіндісін қосу жолымен бейтараптандырады. Натрий гипохлоритті ТУ-6-15-746-87 бойынша алып немесе электролизбен ала пайдаланады. Натрий гипохлорит ерітіндісін тұз қышқылы ерітіндісінің 1-4 көлемі кезінде 0,6 көлем мөлшерінде береді. Бұл ерітіндінің жоғарылатылған агрессивтілігінің күтпеген әсерін және алтынға қатысты селективтілікті береді (атомдық хлорды бөлу есебінен), қышқылдың төмен шығындары тіпті жоғары карбонатты кендерде және басқа да қышқыл көп қажет ететін кендерде. Бұл уақытта алтынды сілтілеу уақыты қысқарады.

Жұмыста [35] кенді тотықтырып ашуды күкірт және азот қышқылдарының сулы ерітіндісімен оттегінің қатысуымен жүргізеді. Кенді ашу құрамында 0,7-2,8 моль/л күкірт қышқылы бар су ерітіндісінде, 0,14-2,2 моль/л азот қышқылы және 0,001-0,14 моль/л тұз қышқылы 20-90 °С температурада және атмосфералық немесе 7 атм-ге дейін жоғары қысыммен алтынды ерітумен жүзеге асырылады. Бұл ретте кенді немесе концентратты тотықтырып ашу бастапқы құрамында алтын бар шикізаттың 20-75 салмақтық пайызы ауысқанға дейін жүзеге асырылады.

Келесі бір жұмыста [36] қиын алынатын кендерін, концентраттарды және қайталама шикізатты тотықтырып ашу процесін құрамында 0,7 – 4,5 моль/л күкірт қышқылы бар су ерітіндісінде және 20 – 90 ° С температурада және атмосфералық немесе 7 атм – ге дейін жоғарылатылған қысымда ерітінді арқылы ауаны үздіксіз барботажау кезінде 20 - 75 мас ерітіндіге ауыстырғанға дейін 0,14-2,8 моль/л азот қышқылы бар су ерітіндісінде жүргізеді. Бұл ретте алтынды одан әрі кектен ерітіндіге ауыстыра отырып, құрамында алтыны бар қатты кекті реакциялық ерітіндіден бөліп алады. Қатты кектен алтынды алу диметилсульфоксид және тұз қышқылы қоспасымен $\text{DMCO} : \text{HCl} = 1 : 4$ қатынасында экстракциямен жүзеге асырылады.

Келесі бір жұмыста [37] оттегінің қысымымен берік сульфидті алтын құрамды шикізатты автоклавты тотықтырып сілтілеу, цианидті ерітіндіге алтынды ала отырып, кекті цианидтеу әдістері ұсынылған. Бұл ретте автоклавты тотықтырып шаймалау 125-150 °С температурада жүргізіледі. Құрамында қарапайым күкірті бар шаймалаудан кейін кекті сумен ерітеді, қойыртпаққа сілтілік агентті қосады және күкіртті сульфатты қалыпқа дейін еріту және тотықтыру кезінде автоклавты тотықтыруды жүргізеді, ал цианидтеуге күкіртті автоклавты тотығудан кейін кек ұшырайды.

Мына жұмыста [38] алтын алуды арттыру мақсатында сілтісіздендіру гипохлорит қосылған тұз немесе күкірт қышқылының ерітіндісімен келесі қатынаста жүргізіледі: 0,1 н HCl + (0,02-0,1) н NaClO, оны кенге айдау алдында тікелей дайындалған. Бұл ретте шығу ерітіндісінде темір концентрациясының деңгейі 600 мг/л төмендегенге дейін кеннің алдын ала тотығуы жүргізіледі.

Келесі жұмыста [39] улы реагенттер – цианидтерді қолданбай кендерден алтын алуға мүмкіндік беретін әдіс ұсынылады. Процесті оңайлату және арзандату мақсатында алтынды сілтілеу қышқыл ортада тотықтырғыш пен комплекс түзушінің қатысуымен жүргізіледі. Соңғысы ретінде 1:1 тең массалық қатынаста кальций цианамидінің және күкіртті натрийдің ұйтты емес қоспасы қолданылады.

Осы жұмыста [40] құрамында алтыны бар концентраттарды қыздыру кезінде натрий немесе калий ферроцианидтерінің сілтілі ерітінділерімен қышқылдандыру және сілтілеу әдісі ұсынылады. Бұл ретте тотығу және шаймалау бір сатымен бір мезгілде оларды 80-90 °С температурада құрамында хлорлы әк немесе сілтілі металл персульфаты немесе аммоний пайдаланылатын тотықтырғыштар бар ферроцианидтердің сілтілі ерітінділерімен өңдеу жолымен жүзеге асырылады. Ерітінділердің рН шаймалау процесінде 12,5-13,5 шегінде ұсталады. Ерітіндіге алтынның еруі сілтілеу сатысында 98,7 % құрады.

Келесі жұмыста [41] құрамында алтыны мен күмісі бар концентраттарды қышқыл тиокарбамидті ерітінділермен тотықтырғыштың қатысуымен сілтілендіруді және экстракциямен сілтілеу ерітінділерінен бағалы металдарды алу әдісін қамтиды. Сілтісіздендіру ерітінділеріне экстракциялау алдында тиоцианат-иондар алтын мен күмістің тиоцианат кешендерін органикалық фазаға ауыстырудың толықтығын қамтамасыз ететін мөлшерде енгізіледі. Экстрагент ретінде 1,5-2,0 моль/л ТБФ және 0,015-0,022 моль/л ДФТК бар керосинде дифенилтиокарбамид (ДФТК) бар трибутилфосфат (ТБФ) қоспасын қолданады. Органикалық фазадағы алтын мен күмісті реэкстракциялау барысын тотықсыздандырығыштармен жүзеге асырады.

Келесі жұмыста [42] кен мен концентраттардан алтынды алуды беттік белсенді заттардың (ББЗ) қатысуымен цианидті шаймалау арқылы жүргізеді. Беттік белсенді заттарды сілтісіздендіру ерітіндісіне беруді процестің басынан бастап 3-72 сағат ішінде, 0,5-1 кг/т кенге немесе концентрат шығынында жүзеге асырады.

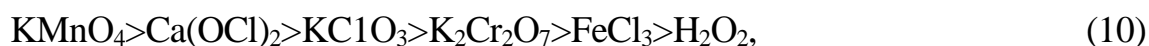
Келесі жұмыста [43] берік сазды кендерден алтынды алу тәсілі оларды ұсақтаудан, жіктеуден, ұсақтаудан және цианидтеуден тұрады. Бұл ретте фракциясы 0,5 мм жіктелген кен қайта ұсақтауға ұшырайды. Қайта ұсақтау 0,02-0,05

мм тұнба фракциясы түзілгенге дейін ионогенді емес ББЗ ерітіндісінде жүргізіледі, ол цианизациялауға ұшырайды. Қайта ұсақтау кезінде ББЗ ретінде 1,2 – 2,3 массалық пайызы бар, концентрациясы $C_{12}-C_{30}$ СЖК синтетикалық майлы қышқылдарының қоспасын қамтитын ерітінді қолданылады. Гидравликалық сыныптаманы 13-75 °С температурада жүргізеді.

Келесі жұмыста [44] тұрақты сульфид кендері бар кен орындарында алтын алу тәсілі ұсынылған. Тәсіл қышқыл қойыртпақты алу арқылы оларды биототықтыруды және оны бейтараптандырумен және оттегімен аэрациялау, алтынды сорбциялық шаймалауға дайындауды қамтиды. Бұл ретте бейтараптандыруды пульпада кемінде 10 мг/дм³ ұстау кезінде оттегімен аэрациямен бір мезгілде жүргізеді.

Келесі жұмыста [44, 45] үш тотықтырғышы бар метал алтынды еріту бойынша зерттеулер жүргізілді: бихромат және калий хлораты, кальций гипохлориті. Мұндай таңдау бірқатар қосылыстардың тотығу қабілетін сапалы бағалау негізінде жасалды. Мысалы, перманганат, хлорат және калий бихроматы, кальций гипохлориті, темір хлориді (III), сутегі пероксиді, металды алтынға қатысты, олардың нақты потенциалдарын 120 минут ішінде тұз қышқылының 1 М ерітіндісінде өлшеуге негізделген (1-кесте).

Бұл жұмыста [45] 1 және 2 кестелерде ұсынылған зерттеулер нәтижелері бойынша тотықтырғыштар қатарда орналасатыны анықталды:



стационарлық потенциалдың көлемін азайту бойынша. Тотықтырғыштардың "күш" (белсенділігі) стационарлық потенциалының ұлғаюымен металл алтынның қатты фазадан ерітіндіге өту дәрежесі де өсуде.

Сонымен қатар, [46] жұмыста тотықтырғыш - хлорат және калий бихроматы, кальций гипохлориті 25 және 65 °С температурада, қалыпты атмосфералық қысымда ұзақтығы 2-ден 6 сағатқа дейін болатын тұз қышқылында құрамында алтыны бар шикізатты тотықтырып сілтілеу процесі зерттелді. Зерттеу нәтижелері бойынша осы жұмыстың авторлары алтынды шикізаттан ерітіндіге өткізу 99-100% - ға дейін жететінін анықтады.

Келесі мәліметтер бойынша [46], алтынды құрамында алтыны бар шикізаттан неғұрлым толық алу үшін күшті еріткіштер - цианидтер, тұз қышқылы, тиосульфаттар және тиокарбамидтер және тотықтырғыш-хлорат және калий бихроматы, кальций гипохлориті, еріткіштер ортасында еритін, берік хлоридті кешендерге алтынды байланыстыратын хлор атомдарын құрайтыны белгілі болған. Әдебиетте кальций гипохлоритінен гөрі күшті тотықтырғыш болып табылатын натрий гипохлоритінің қатысуымен сұйық ортада алтынды еріту жөніндегі эксперименталдық деректер туралы мәліметтер табылмайтынын атап өткен жөн. Сондықтан бұл жұмыстағы зерттеулерде тотықтырғыш ретінде натрий гипохлориті таңдалып алынды.

1 Кесте - Тотықтырғыштардың нақты (өлшенген) потенциалдар мәндерінің уақытқа тәуелділігі

Уақыт, мин	1 М тұз қышқылындағы 0,02 М тотықтырғыш ерітіндісінің қатысуымен потенциалдарының нақты мәні					
	KMnO ₄	K ₂ Cr ₂ O ₇	KClO ₃	FeCl ₃	Ca(OC1) ₂	H ₂ O ₂
0	1,1003	0,8711	0,9520	0,5701	1,0450	0,5604
5	1,1035	0,8734	0,9530	0,5740	1,0463	0,5572
10	1,0992	0,8755	0,9626	0,5765	1,0465	0,5552
20	1,0964	0,8781	0,9741	0,5793	1,0466	0,5534
30	1,0957	0,8824	0,9782	0,5807	1,0468	0,5527
45	1,0948	0,8834	0,9816	0,5816	1,0470	0,5520
60	1,0942	0,8855	0,9837	0,5821	1,0470	0,5515
90	1,0935	0,8881	0,9866	0,5827	1,0469	0,5511
120	1,0927	0,8881	0,9886	0,5832	1,0468	0,5510

2 Кесте - Металды алтынның қатты фазадан ерітіндіге ауысуының тотықтырғыштардың нақты потенциалдарының мәніне тәуелділігі. Алтынның салмағы – 20 гр. Араластыру уақыты - 90 мин. Ерітінді көлемі-100 мл

Тотықтырғыш реагенттер	Өлшенген потенциал, E, В	Au салмағы, мг	Табылды Au, мг	Au ерітіндіге өтуі, %
0,02М KMnO ₄ + 1М HCl	1,1	20	19,6	98,0
0,02М CaOC1 ₂ + 1М HCl	1,04	20	19,0	95,0
0,02М KClO ₃ + 1М HCl	0,99	20	18,6	93,0
0,02М K ₂ Cr ₂ O ₇ + 1М HCl	0,89	20	18,0	90,0
0,02М H ₂ O ₂ + 1М HCl	0,55	20	4,8	24,0
0,02М FeCl ₃ + 1М HCl	0,58	20	2,0	10,0

Жұмыс [68] нәтижесі бойынша алтынның жоғары бөлінулері кальций гипохлоритін, хлорат пен калий бихроматын қолданумен ғана емес, еріткіш ретінде – тұз қышқылын қолданумен де байланысты. Бірақ тұз қышқылы экологиялық қауіпті ерітінді болып табылады, сонымен қатар оны өнеркәсіптік аппараттарда жоғары коррозиялық қабілетіне байланысты өнеркәсіптік жағдайларда пайдалану шығындалады. Сондықтан, бұдан арғы зерттеулерде еріткіш ретінде концентрацияланған күкірт қышқылы таңдалады, ол сульфатты комплексті түзеді [Au(SO₄)₂]⁻, жоғары потенциалға ие (E⁰=+1,47 В), оған басқа адденд – ком-

плекс түзушілердің (сонымен бірге оны қалыптастыру үшін лиганда – $[\text{SO}_4]^{2-}$, яғни күкірт қышқылының өте жоғары концентрациясы талап етіледі) [8, 17].

2 Тотықтырғыш-натрий гипохлоритінің қатысуымен күкірт қышқылында алтынды автоклавты ерітудің кинетикасы мен механизмін зерттеу

2.1 Натрий гипохлорит-тотықтырғыш қатысуымен күкірт қышқылында алтынды автоклавты еріту жөніндегі эксперименттерді аппаратуралық ресімдеу және жүргізу әдістемесі

Эксперименталдық жұмыстарды жүргізу кезінде натрий гипохлоритінің қатысуымен күкірт қышқылында алтынның автоклавты еріту механизмі мен кинетикасын зерттеу үшін белгілі әдістеме бойынша 750 сынамалы зергерлік бұйымдарды аффинаждау арқылы алынған 999 алтын сынамасы пайдаланылды.

Аз салмақты таза алтын сынамаларын автоклавты еріту үшін гидротермалды бомбалар деп аталатын жанама қызатын шағын көлемді автоклавтарды пайдаланған жөн (1-сурет). Олар конструкцияға қатысты қарапайым және жұмысқа ыңғайлы болып келеді.



А

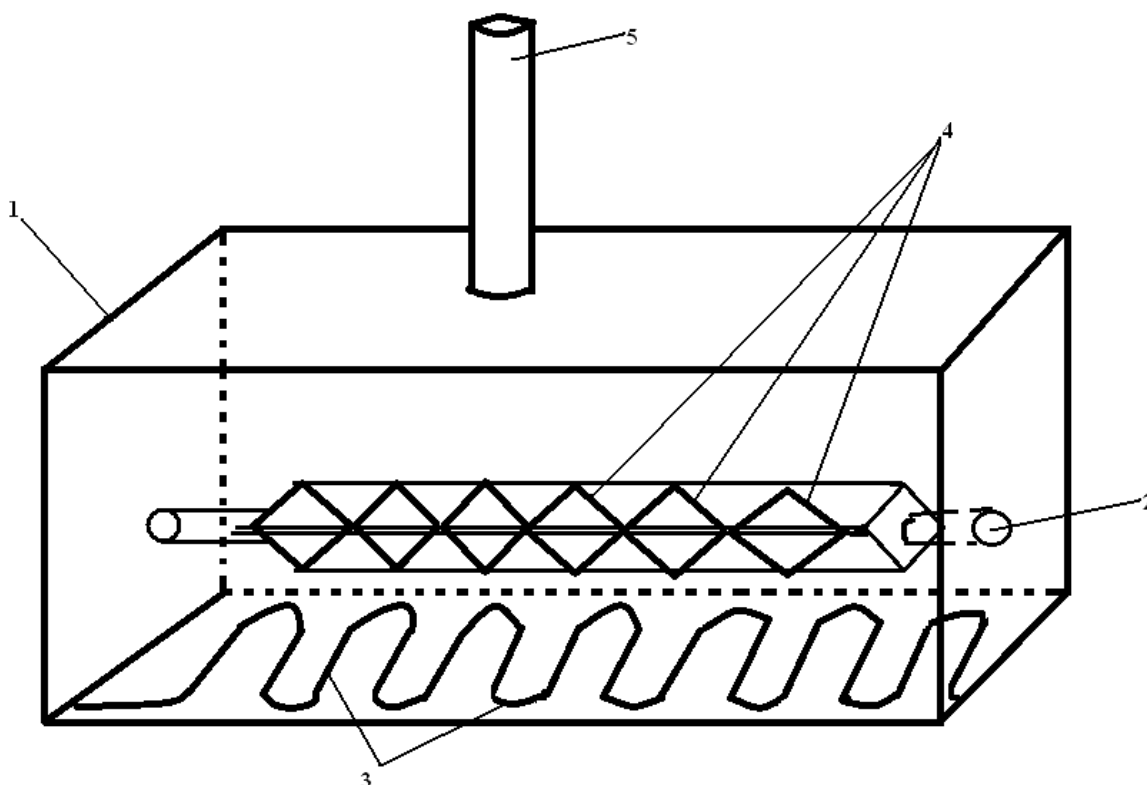


Б

а – сыртқы көрінісі, б – корпус, бұрандалы қақпақ, фторопластовый стакан.

1 Сурет – Автоклав-бомба

Автоклав-бомба көлемі 110 см^3 метал стаканнан тұрады, оған бұрандалы қақпақ бұрылады. Металл стаканның ішіне ішкі көлемі – 23 см^3 фторопластты стакан салынады. Бұл бомбаның конструкциясы еру процесінің толық герметикалығына және автоклавта есептелген ең жоғары қысым мен температурада 5 есе беріктік дәрежесіне қол жеткізуге мүмкіндік береді. Процесті жүргізу үшін бір уақытта төрт автоклав-бомбаның қызуына және алтын сынамасының еруіне мүмкіндік болатын ампулалық автоклавқа орналастырылды (2-сурет).



1 – корпусы; 2 – айналмалы білік; 3 – электроспираль; 4 – бомба ұяшықтары; 5 – температуралық режимді бақылау құралы.

2 Сурет – Ампулалық автоклав

Эксперимент жүргізу кезінде 999 сынама алтынның бастапқы салмағы 0,5 г мөлшерінде автоклав-бомбаға салып, натрий гипохлоритті тотықтырғышы бар күкірт қышқылының белгілі бір мөлшерімен құяды. Бұдан әрі бомбалар ампулалық автоклавтың ұясына салынып, қыздыруды қосады. Автоклав-бомбалар қызып, белгілі бір уақытқа дейін температурада ұсталды. Алтынды еріту жөніндегі эксперимент аяқталғаннан кейін бомбаны суытып, алынған фильтраттың және шайынды судың көлемін анықтады. Алынған ерітінділерге алтынның құрамына байланысты атомдық-абсорбциялық әдіспен талдау жасалды.

2.2 Тотықтырғыш-натрий гипохлоритінің қатысуымен күкірт қышқылында алтынды автоклавты еріту бойынша эксперименттік зерттеулер

Тотықтырғыш - натрий гипохлоритінің (NaClO) қатысуымен күкірт қышқылында металды алтынды автоклавта ерітуде ерітіндіге неғұрлым толық өту шарттарын таңдау үшін оның еруінің температураға, күкірт қышқылының концентрациясына, тотықтырғыш мөлшеріне және еріту ұзақтығына тәуелділігі зерттелді:

– эксперименттердегі температураны 110-нан 170 °C-қа дейін ұлғайтты, тиісінше автоклавтағы қысымды 0,6-дан 0,8 МПа-ға дейін;

- қышқыл концентрациясын 10-нан 70 %-ке дейінгі диапазонда өзгертті;
- NaClO шығыны алтын массасынан 50-ден 300 массалық %-ға дейін өзгерді;
- еріту уақыты 1-ден 7 сағатқа дейін өзгерді.

3-кестеде эксперимент жүргізуден алынған технологиялық параметрлері және фильтрат пен шайынды судағы алтынды атомдық-абсорбциялық анықтаудың нәтижелері келтірілген. Ерітіндіге алтынды бөліп алу дәрежесін есептеу кезінде фильтрат пен шайынды суындағы алтынның құрамы бойынша біріктірілген сандық деректер пайдаланылды. 4-кестеде және 4-б-суретте температураға, күкірт қышқылының концентрациясына және сілтілеуші ерітіндідегі тотықтырғыш мөлшеріне байланысты алтынды алу нәтижелері келтірілген.

3 Кесте – Алтынды күкірт қышқылды автоклавты шаймалау процесінің технологиялық параметрлері және фильтрат пен шайынды судағы алтынды атомдық-абсорбциялық анықтау нәтижелері (С:Қ=10:1)

Тәжірибе номері	Температура, °С	Жүргізу уақыты, сағ	H ₂ SO ₄ концентрациясы, %	Алтынның алынған массасына NaClO масс. % шығыны	Алтынның бастапқы массасы, г	Ерітінді көлемі, V, дм ³		Алтынның мөлшері, г/дм ³	
						V _{фильтрат}	V _{ш.су}	фильтратта	Шайынды суда
1	110	3	50	200	0,5004	0,013	0,0121	26,08	1,75
2	130	3	50	200	0,5006	0,013	0,012	33,08	1,76
3	150	3	50	200	0,5007	0,013	0,0121	35,62	2,12
4	170	3	50	200	0,5007	0,013	0,010	35,77	2,56
5	150	1	50	200	0,5004	0,0121	0,009	34,38	0,175
6	150	5	50	200	0,5004	0,012	0,012	40,67	0,375
7	150	7	50	200	0,5003	0,012	0,010	40,83	0,55
8	150	3	10	200	0,5006	0,0155	0,010	6,25	1,625
9	150	3	30	200	0,5000	0,013	0,010	30,62	1,3
10	150	3	70	200	0,5000	0,013	0,010	32,23	7,5
11	150	3	50	50	0,5006	0,006	0,006	16,5	0,17
12	150	3	50	100	0,5002	0,0115	0,010	30,00	6,0
13	150	3	50	300	0,5006	0,017	0,015	27,88	1,07

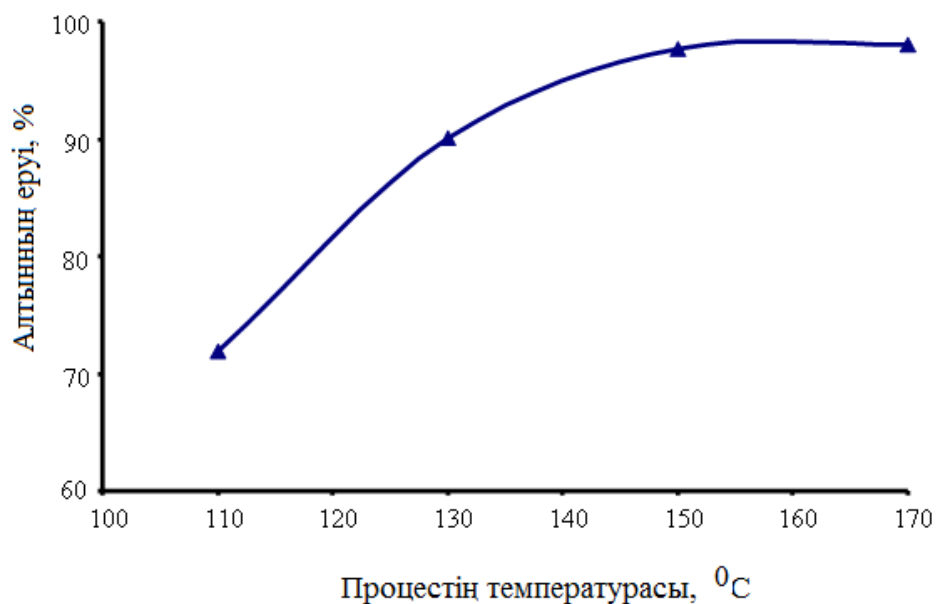
Эксперименталды зерттеулермен (4-Кесте, 3-сурет) 110-170 °С аралығындағы жүргізілген процестердің ішінде бастапқы 110-150 °С температурала-

ры аралығында жүруі ерітіндіге алтынды өткізу дәрежесіне елеулі әсер ететіні анықталды. Ал температураның 150-170 °С аралығында болуы ерітіндіге алтынды өткізу 97,66-98,06 % деңгейінде тұратыны анықталды. Негізінен процесі 150 °С температурадан жоғары асыру тиімді емес және энергетикалық шығынды талап етеді. Сондықтан, одан кейінгі эксперименттерді 150 °С температурада жүргізу таңдалып алынды.

4 Кесте – күкірт қышқылымен автоклавта сілтілеп ерітіндіге алтынды өткізудің эксперименттік нәтижелері (С:Қ=10:1)

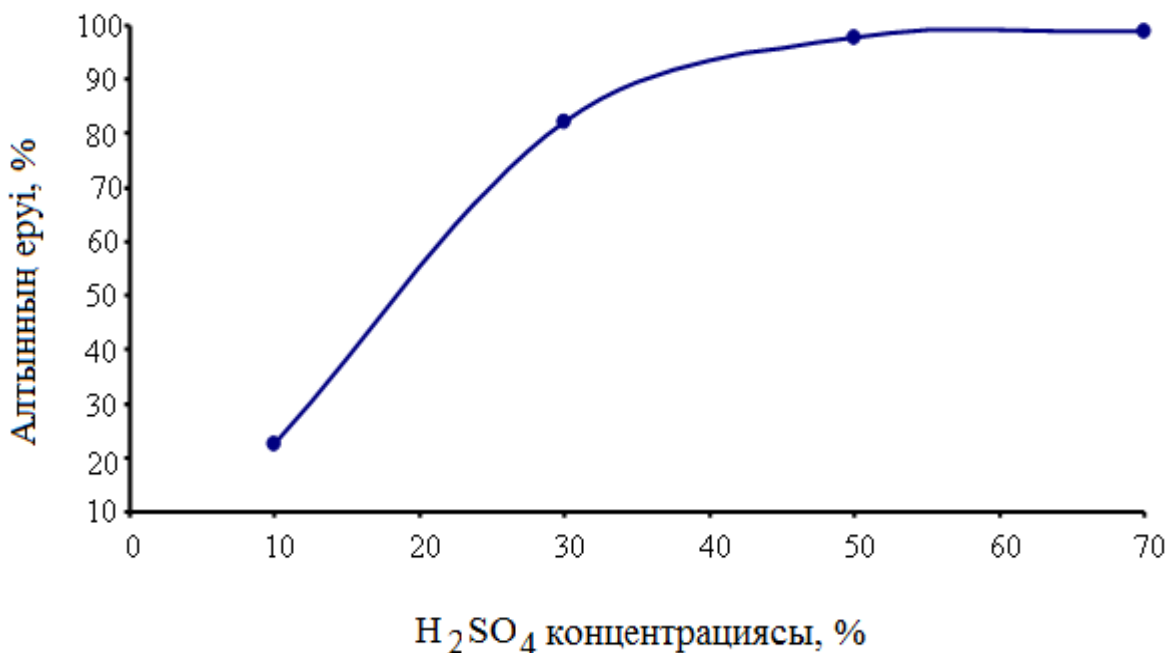
Тәжірибелер саны	Температура, °С	Жүргізілу уақыты, т сағ.	H ₂ SO ₄ концентрациясы, %	Алтынның алынған массасына NaClO масс.% шығыны	Ерітіндіге өткен алтынның мөлшері	
					г	%
1	110	3	50	200	0,360	71,94
2	130	3	50	200	0,451	90,10
3	150	3	50	200	0,489	97,66
4	170	3	50	200	0,491	98,06
5	150	1	50	200	0,418	83,53
6	150	5	50	200	0,492	98,32
7	150	7	50	200	0,496	99,14
8	150	3	10	200	0,113	22,57
9	150	3	30	200	0,411	82,20
10	150	3	70	200	0,494	98,80
11	150	3	50	50	0,1	19,98
12	150	3	50	100	0,405	80,97
13	150	3	50	300	0,490	97,88

Алтынның ерітіндіге өту дәрежесі күкірт қышқылының концентрациясына тәуелділігін анықтау кезінде (4-кесте, 4-сурет) ерітіндідегі күкірт қышқылының концентрациясының 10-нан 50% - ға дейін артуы ерітіндіге алтынды өткізу дәрежесінің тиісінше 22,57-ден 97,66% - ға дейін артуына ықпал ететіні анықталды. Ерітіндідегі күкірт қышқылының концентрациясының 50-ден 70% - ға дейін одан әрі артуы ерітіндіге алтынды өткізу деңгейінің 97,66-дан 98,8% - ға дейін болмашы өзгеретіні белгілі болды.



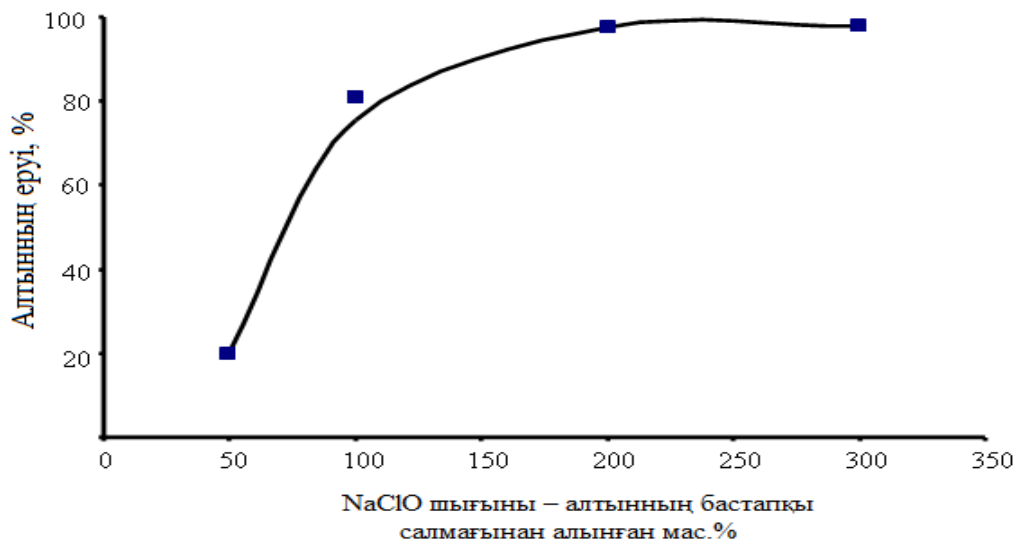
Алтынның бастапқы салмағы ~0,5 г, NaClO шығыны – алтынның бастапқы салмағынан 200 мас. % артық, процестің ұзақтылығы - 3 сағат, H₂SO₄ концентрациясы – 50%, С:Қ=10:1

3 Сурет – Алтынды ерітіндіге алу дәрежесінің процес температурасына тәуелділігі



Алтынның бастапқы салмағы ~0,5 г, NaClO шығыны – алтынның бастапқы салмағынан 200 мас. % артық, процестің ұзақтылығы - 3 сағат, процес температурасы – 150 °C, С:Қ=10:1

4 Сурет – Алтынды ерітіндіге өткізу дәрежесінің H₂SO₄ концентрациясына тәуелділігі



Алтынның бастапқы салмағы ~0,5 г, процестің ұзақтылығы - 3 сағат, процес температурасы – 150 °С, H₂SO₄ концентрациясы – 50 %, С:Қ=10:1.

5 Сурет – NaClO-ның шығынына алтынды ерітіндіге өткізу дәрежесінің тәуелділігі

Жүргізілген эксперименттердің нәтижелеріне байланысты таза алтынды автоклавты еріту бойынша кейінгі зерттеулерді күкірт қышқылының концентрациясын – 50 % деп таңдады.

Алтынның тотықтырғыш-натрий гипохлоритінің шығынына тәуелділігі зерттелді (4-кесте, 5-сурет). Натрий гипохлориті ерітіндіге алтынның бастапқы массасынан 50-ден 300 масс. %-ға дейінгі мөлшерде қосылды. Тотықтырғыш шығынының 50-ден 200 масс. %-ға дейін алтынның бастапқы массасынан қосылған мөлшері алтынды ерітіндіге өткізу дәрежесіне айтарлықтай әсер етті (19,98-97,66% - ға дейін). Одан әрі натрий гипохлоритін 200-ден 300 масс. %-ға дейін қосқан кезде алтынның еруі болмашы болды (97,66-дан 97,88% - ға дейін). Осыған орай, кейінгі зерттеулер үшін алтынның бастапқы массасынан 200 масс. % артық мөлшерінде натрий гипохлоритін қосу таңдалды.

2.3 Натрий гипохлориті бар күкірт қышқылында алтынды автоклавты еріту процесінің кинетикасы

Автоклакта алтынның еру дәрежесі мен жылдамдығын анықтау бойынша тәжірибелік зерттеулер келесі технологиялық параметрлерде жүргізілді:

- процесс ұзақтығы - 1÷7 сағат (60÷420 мин);
- процестің температурасы - 150 °С, автоклактағы қысым 0,5 МПа;
- күкірт қышқылының концентрациясы H₂SO₄ - 50 %;
- тотықтырғыштың шығыны NaClO – алтынның бастапқы массасынан 200 % мас. артық;

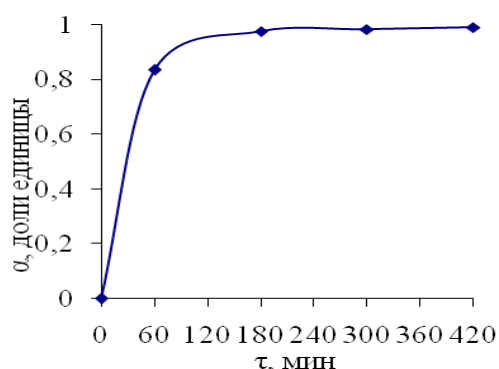
– С:Қ қатынасы = 10:1.

Сүзгілердегі және шайынды судағы алтын құрамы бойынша эксперименталдық деректердің нәтижелері 3 – кестеде, ерітіндідегі алтынды алу дәрежесі мен жылдамдығының мәндері бойынша-4-5-кестелерде және 6-суретте келтірілген.

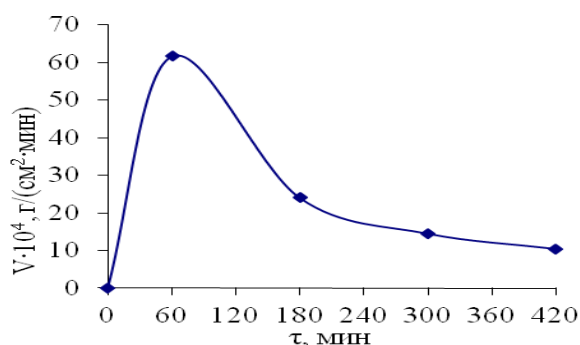
5 Кесте – Процестің ұзақтылығына байланысты алтынды ерітіндіге өткізу дәрежесі мен жылдамдығы (температураның тұрақты мәні - 150 °С, H₂SO₄ концентрациясы – 50 %, тотықтырғыштың шығыны NaClO – алтынның бастапқы массасынан 200 % мас. артық, С:Қ=10: 1, а бастапқы алтын салмағы ~ 0,5 г).

Процестің температурасы, °С	Тәжірибе уақыты, мин	Еріген алтынның салмағы, г	Алтынның еру дәрежесі, α, бірлік үлесі	Алтынның еру жылдамдығы, V·10 ⁴ , г/(см ² ·мин)
150	0	0	0	0
150	60	0,418	0,8353	61,6301
150	180	0,489	0,9766	24,0328
150	300	0,492	0,9832	14,5081
150	420	0,496	0,9914	10,4472

4-5 кестелерден және 6-суретте алтынды ерітіндіге өткізу дәрежесінің өзгеруі 1÷3 сағат (60÷180 мин) аралығында елеулі түрде байқалатынын көруге болады. Ұзақ уақыт бойы 3 сағаттан артық ұстау ерітіндіге алтынды өту дәрежесіне елеулі әсер етпейді (97,66-дан 99,14% - ға дейін), сондықтан NaClO қатысуымен күкірт қышқылында алтынды автоклавты еріту процесінің оптималды ұзақтығы 3÷4 сағат болып табылады.



А



Б

Тұрақты мәндерде: алтынның бастапқы салмағы ~0,5 г, температурасы – 150 °С, H₂SO₄ концентрациясы -50 %, NaClO шығыны - алтынның бастапқы массасынан 200 % мас. артық, С: Қ=10:1

6 Сурет – Алтынды ерітіндіге өткізу дәрежесі (а) мен жылдамдығының (б) процесс ұзақтығына тәуелділігі

NaClO қатысуымен күкірт қышқылында алтынды автоклавты еріту процесі мынадай реакция бойынша өтеді:



Зерттелетін процестің өту механизмі келесідей.

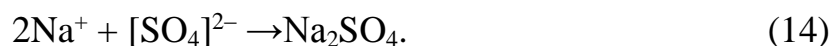
Натрий гипохлориті иондарға дейін күкірт қышқылында ыдырайды:



Одан әрі анион $[\text{ClO}]^-$ ионға дейін:



Натрий ионы Na^+ анионмен әрекеттеседі $[\text{SO}_4]^{2-}$ натрий сульфаты түзілгенге дейін келесі реакция бойынша:



Алтын келесі реакция бойынша үш валентті ионды түрге дейін ериді:



келесі реакция бойынша кешенді анион түзілгенге дейін хлор анионымен өзара әрекеттеседі:



Натрий гипохлоритінің жоғары концентрациясында қосымша тотықтырғыштардың пайда болу мүмкіндігі келесі реакция бойынша:



Осылайша, ерітінділерде иондалған түрдегі хлордың болуы тепе-теңдікті оңға жылжытатын және реакция ағуын қамтамасыз ететін алтынның кешенді және берік аниондарының түзілуіне ықпал етеді.

3 Тотықтырғыш-натрий гипохлоритінің қатысуымен күкірт қышқылында құрамында алтыны бар концентраттардан алтынды автоклавты ерітудің кинетикасы мен механизмін зерттеу

3.1 Тотықтырғыш-натрий гипохлоритінің қатысуымен құрамында алтыны бар концентраттан күкірт қышқылында алтынды автоклавты еріту процесін және механизмін зерттеу

Натрий гипохлоритінің қатысуымен алтынды автоклавты күкіртқышқылды еріту процесі Қазақстанның тиісті алтын өндіру фабрикаларында (ЗИФ) алынған құрамында алтыны бар флотоконцентраттарға (Бақыршық, Жолымбет, Бестөбе) зерттелді. 6-кестеде айтылған флотоконцентраттардың химиялық құрамы келтірілген. Зерттелетін концентраттарда кремний, алюминий, темір және күкірт оксидтерінің едәуір мөлшері табылды.

6 Кесте – Флотоконцентраттардың химиялық құрамы

Концентрат сынамаcы	Анықталатын элементтер мен қосылыстардың салмақтық үлесі, %								
	Au, г/т	Ag, г/т	Cu	Zn	Pb	As	Fe	Sb	Se
КЗ-1 Бақыршық	18,72	15,58	0,037	0,020	0,004	1,62	6,00	0,035	<0,001
КЗ-2 Жолымбет	220,42	99,13	0,40	0,043	0,13	0,96	19,71	0,013	<0,001
КЗ-3 Бестөбе	109,06	41,26	0,10	0,085	0,025	7,44	18,40	0,069	<0,001

6-кестенің жалғасы

Концентрат сынамаcы	Анықталатын элементтер мен қосылыстардың салмақтық үлесі, %								
	Te	S _{жалпы}	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	C
КЗ-1 Бақыршық	<0,001	3,22	38,80	16,89	0,30	0,75	2,81	0,88	15,02
КЗ-2 Жолымбет	0,022	18,12	30,63	10,22	2,76	2,79	0,97	0,88	5,59
КЗ-3 Бестөбе	<0,001	13,65	31,55	11,73	1,39	2,04	1,95	0,63	4,36

Химиялық талдау нәтижелерінде алтынның құрамы бойынша бай Жолымбет және Бестөбе концентраттары болып табылатыны, ал Бақыршық концентратында алтынның құрамы аз екені көрініп тұр. КЗ-3-те мышьяк құрамы

КЗ-1 және КЗ-2 концентраттарына қарағанда едәуір көп. Сондай-ақ, концентраттарда селен, теллур, мыс, мырыш, қорғасын, сурьма, сондай-ақ калий, магний, натрий және кальций аздаған мөлшері бар. Көміртегінің жоғары мөлшері Бақыршық концентратында және Жолымбет және Бестөбе концентраттарында салыстырмалы мөлшерде байқалады.

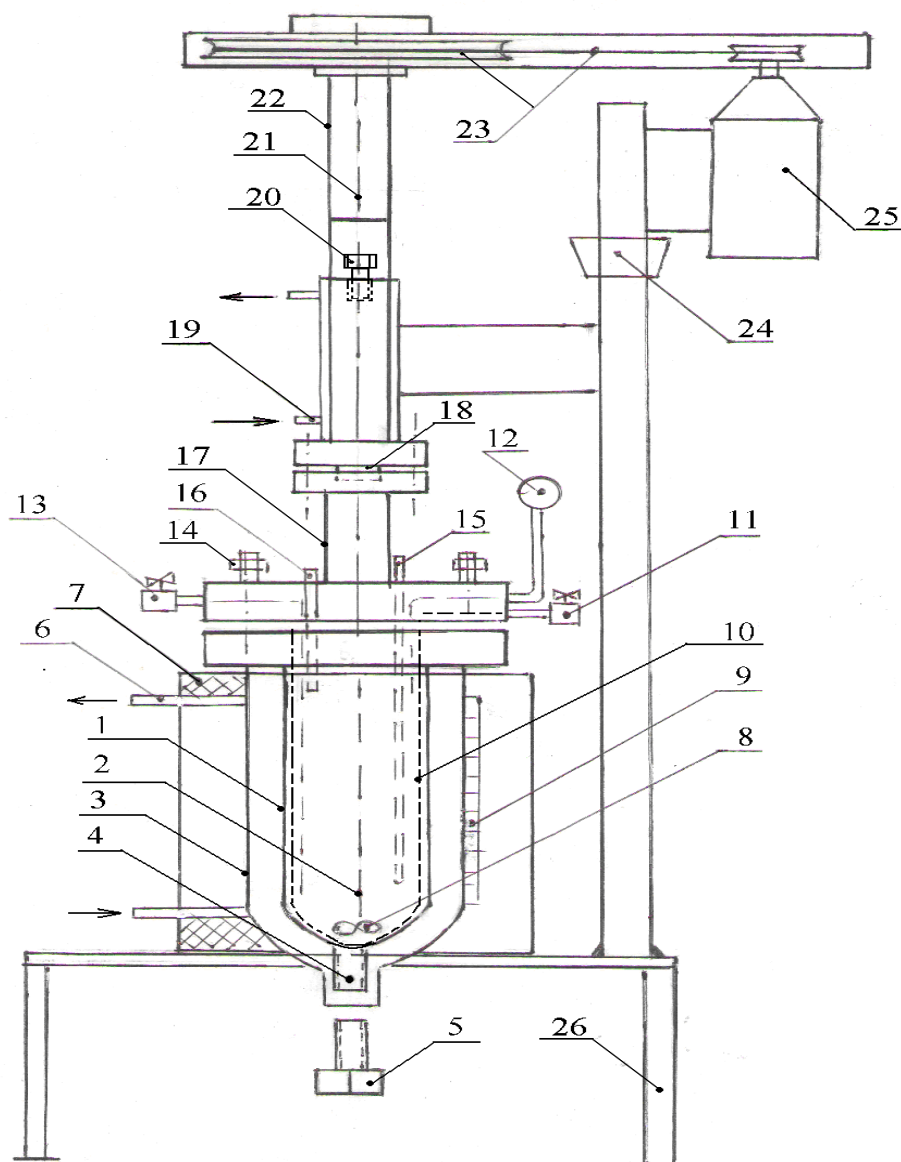
Алтынның концентраттары мен ассоциацияларының фазалық құрауыштарын анықтау үшін зерттелетін үлгілердің жартылай сәулелі рентгенофазалық талдауы жасалды.

Бақыршық флотоконцентратында жартылай мөлшерлі рентгенофазды талдау нәтижелері бойынша негізінен кварц, мусковит, арсенопирит және пирит, альбит, гипс, ортоклаз және халькопирит анықталды. Бұл концентратта алтынның минералдары – арсенопирит, пирит, халькопирит бар.

Жолымбет флотоконцентратында жартылай мөлшерлі рентгенофазды талдау нәтижелері бойынша көп мөлшерде кварц, мусковит, пирит, арсенопирит, тремолит бар, сондай-ақ клинохлор, кальцит, халькопирит, гипс және альбит табылды. Алтын ассоциациялары бұл концентратта кварц, арсенопирит, пирит, халькопирит минералдарымен байланысты.

Бестөбе флотоконцентратының минералдарының құрамына кварц, мусковит, пирит, арсенопирит, одан кейін аз мөлшерде, сондай-ақ доломит, клинохлор және кальцит кіреді. Бұл концентратта алтынның минералдары – арсенопирит, пирит бар.

Натрий гипохлориті бар күкірт қышқылында автоклавты ерітудің оптималды жағдайларын (температураны, ерітіндінің ұзақтығын, күкірт қышқылының концентрациясы мен тотықтырғыш мөлшерін) анықтау үшін натрий гипохлориті бар алтынды күкірт қышқылды автоклавты еріту бойынша жүргізілген эксперименттерге талдау жасалды. Сондықтан келесі технологиялық шарттар таңдалып алынды: температура – 160 °С, автоклавты еріту процесінің ұзақтығы 5 сағат, С:Қ=10:1, күкірт қышқылының концентратциясы – 60 %, ал тотықтырғыш мөлшері концентраттың бастапқы массасынан 300 % мас. артық алынды. Эксперименттер Қ. И. Сәтбаев атындағы ҚазҰТУ-да құрастырылған үлкейтілген-зертханалық автоклавты қондырғыларда (14 Сурет) жүргізілді.



1 – Автоклав. 2 –Қалақшалы араластырғыш. 3 – Автоклавты салқындатуға арналған кессон. 4 – Астынғы ағызу құбыры. 5 – Астынғы ағызу құбырының тығыны. 6 – Кессонға су беруге арналған түтік. 7 –Пештің қаптамасы. 8 – Араластырғыштың қалақтары. 9 – Пешті қыздыруға арналған нихромды спираль. 10 – Автоклавтың қорғасындалған ретортасы. 11 – Газбен уландыруға арналған келтеқұбыр. 12 – Манометр. 13 – Газ беруге арналған келте құбыр. 14 – Автоклав қақпағының бұрандалары. 15 – Сырты қорғасындалған термopара қаптамасы. 16 – Жүктеу келтеқұбыры. 17 – Автоклав қақпағы. 18 – Араластырғышты жетекпен қосуға арналған муфта. 19 – Араластырғыш құрылғыны салқындату үшін су беру. 20 – Тығыздағышы бар тығын. 21 – Араластырғышқа жетектен беру білігі. 22 – Араластырғыштың жетегіне арналған қосқыш корпус (шкив, ремень). 23 – Араластырғышты айналдыруға арналған құрылғы-жетек. 24 – Электр қозғалтқышты және автоклавты бекітуге арналған табаны. 25 – Электроқозғалтқыш. 26 – Табаны(стол).

7 Сурет – үлкейтілген-зертханалық автоклав қондырғысы

Эксперименттік жұмыстарды жүргізу әдістемесі

Концентрат сынама массасын күкірт қышқылының ерітіндісімен және натрий гипохлориті тотықтырғышын қосумен араластырылады. Алынған қойыртпақ механикалық қалақты араластырғышы бар автоклавтың қорғасындалған реакциялық камерасына тиеледі. Автоклав герметикаланып, қыздыру элементтері мен механикалық араластырғыш қосылады. Қажет болған жағдайда оттегі беріледі. Автоклавты шаймалаудың жұмыс температурасы – 160 °С. Берілетін оттегі қысымы 0,2-0,3 МПа, автоклавтағы жалпы қысым 0,7 МПа. Автоклавты сілтілеу ұзақтығы – 5 сағат. Автоклавты сілтілеу аяқталғаннан кейін қыздыру, механикалық араластырғыш сөндіріліп, автоклавтың реакциялық камерасының сумен салқындатылуы қосылады. Реакциялық камераны <70 °С температураға дейін салқындатқаннан кейін, қойыртпақты автоклавтан құю және қойыртпақты нутч-сүзгішке сүзу жүргізіледі. Сүзу аяқталғаннан кейін алынған кек сумен жуылады және кептіру шкафында кептіріледі. Сүзгіштің, шайынды судың көлемі өлшенеді, ал кек кептіріледі және өлшенеді. Алынған сілтілеу өнімдері құраушы компоненттердің құрамына талданады.

Келесі тұрақты технологиялық жағдайларда флотоконцентраттарды автоклавты күкірт қышқылды шаймалаудан кейінгі кектер мен ерітінділердің орындалған химиялық және атомдық-абсорбциялық талдауларының нәтижелері: температура – 160 °С, концентрация H₂SO₄ – 60 %, NaClO шығыны – бастапқы алынған алтын массасынан 300 % - дық массада артық, С:Қ=10:1, τ = 5 сағат. Бұл мәндер 7-8 кестеде көрсетілген.

7 Кесте – Натрий гипохлорит тотықтырғышын қолдана отырып, флотоконцентраттарды автоклавты күкірт қышқылды шаймалаудан алынған кектерді химиялық және атомдық-абсорбциялық талдау нәтижелері (тұрақты мәндерде: температура – 160 °С, концентрация H₂SO₄ – 60 %, NaClO шығыны – бастапқы алынған алтын массасынан 300 % - дық массада артық, С:Қ=10:1, τ = 5 сағат).

Концентрат сынамасы	Бастапқы алынған масса, г	Кек, г	Анықталған элементтер мен қосылыстардың массалық үлесі, %				
			Au, г/т	Ag, г/т	Cu	Zn	Pb
КЗ-1 Бақыршық	80	40,1 7	21,32	24,89	0,015	0,012	0,0055
КЗ-2 Жолымбет	70	69,5 8	156,68	64,37	0,23	0,009	0,11
КЗ-3 Бестөбе	70	42,1 7	52,31	52,88	0,025	0,032	0,03

7-кестенің жалғасы

Концентрат сынамасы	Бастап- қы алын- ған масса, г	Кек, г	Анықталан элементтер мен қосылыстардың массалық үлесі, %				
			As	Fe	Sb	S _{жалпы}	SiO ₂
КЗ-1 Бақыршық	80	40,1 7	0,82	2,90	0,010	6,50	49,54
КЗ-2 Жолымбет	70	69,5 8	0,71	1,53	0,007	21,76	24,04
КЗ-3 Бестөбе	70	42,1 7	6,47	14,18	0,034	15,99	43,74

7-кестенің жалғасы

Концентрат сынамасы	Бастап- қы алын- ған масса, г	Кек, г	Анықталан элементтер мен қосылыстардың массалық үлесі, %				
			Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O
КЗ-1 Бақыршық	80	40,1 7	1,97	0,54	0,046	0,41	0,078
КЗ-2 Жолымбет	70	69,5 8	2,05	2,56	0,2	0,08	0,080
КЗ-3 Бестөбе	70	42,1 7	1,97	2,0	0,35	0,67	0,13

Келесі технологиялық жағдайларда натрий гипохлоритінің қатысуымен флотоконцентраттарды автоклавты күкірт қышқылды шаймалау кезінде алынған кек пен ерітіндіге металдарды өткізудің нәтижелері: температура – 160 °С, концентрация H₂SO₄ – 60 %, NaClO шығыны – алынған алтын массасынан 300 % - дық массада артық, С:К=10:1, τ = 5 сағат. Бұл 9-10 – кестеде көрсетілген.

Кальций оксиді (86,94; 87,5 және 92,29%) және кремний оксиді (64,11; 78,0 және 83,53%) дамыған адсорбциялық бет ретінде қызмет ете алатын дисперсиялық фазаны білдіретін кальций сульфаты түзілетін кектерге толығымен айналады.

Кектерге алюминий (5,84; 10,11 және 19,94 %), магний (3,0; 7,17 және 10,56 %), натрий (7,35; 8,08 және 20,77 %) және калий (4,40; 8,92 және 12,24 %) оксидтерін шығару шамалы, бұл компоненттердің натрий гипохлоритінің қатысуымен күкірт қышқылында жақсы ерігендігін куәландырады.

Металдардан мыс (40,83; 78,53 және 83,75 %), темір (51,64; 73,64 және 90,11 %) және сүрме (44,42; 68,35 және 83,60%) ерітіндісіне бөліп алудың жоғары дәрежесі байқалады.

8 Кесте – Натрий гипохлорит тотықтырғышын қолдана отырып, флото-концентраттарды автоклавты күкірт қышқылды шаймалау ерітінділерінің (сүзу және шайынды су) химиялық және атомдық-абсорбциялық талдауларының нәтижелері (тұрақты мәндерде: температура – 160 °С, концентрация H₂SO₄ – 60 %, NaClO шығыны – бастапқы алынған алтын массасынан 300 % - дық массада артық, С:Қ=10:1, τ = 5 сағат).

Сынама	Концентрат сынамасы		Бастапқы алынған масса, г	Көлемі, V _{дм³}	Элементтер құрамы				
					Au, мг/дм ³	Ag, мг/дм ³	Cu, мг/дм ³	Zn, мг/дм ³	Pb, мг/дм ³
1	КЗ-1	фильтрат	80	0,43	1,46	0,535	46,512	19,07	2,325
		Шайма су		0,51	0,014	0,014	5,882	3,529	0,196
2	КЗ-2	Фильтрат	70	0,392	11,45	5,842	255,10 ₂	53,57 ₁	27,55 ₁
		Шайма су		0,5	0,06	0,08	20,0	4,0	2,4
3	КЗ-3	Фильтрат	70	0,44	12,20	1,318	120,45	93,18 ₂	8,409
		Шайма су		0,55	0,064	0,091	9,091	7,273	0,545

8-кестенің жалғасы

Сынама	Концентрат сынамасы		Бастапқы алынған масса, г	Көлемі, V _{дм³}	Элементтер құрамы			
					As, мг/дм ³	Fe, г/дм ³	Sb, мг/дм ³	SiO ₂ , мг/дм ³
1	КЗ-1	фильтрат	80	0,43	2023,25 ₆	8,139	48,837	23255,814
		пром-вода		0,51	117,647	0,059	3,921	1019,608
2	КЗ-2	Фильтрат	70	0,392	395,408	30,867	9,694	10714,286
		пром-вода		0,5	14,0	0,66	0,4	180,0
3	КЗ-3	фильтрат	70	0,44	5227,27 ₃	14,091	64,318	7090,909
		пром-вода		0,55	145,454	0,818	6,727	90,909

8-кестенің жалғасы

Сынама	Концентрат сынаамасы		Бастапқы алынған масса, г	Көлемі, V _{дм³}	Элементтер құрамы				
					Al ₂ O ₃ , г/дм ³	CaO, мг/дм ³	MgO, г/дм ³	Na ₂ O, г/дм ³	K ₂ O, г/дм ³
1	КЗ-1	Фильтрат	80	0,43	27,91	54,186	1,163	4,651	1,465
		Шаймасу		0,51	0,588	5,294	0,137	0,059	0,059
2	КЗ-2	Фильтрат	70	0,392	14,031	270,408	4,311	1,531	1,275
		Шаймасу		0,5	0,14	8,0	0,16	0,02	0,1
3	КЗ-3	Фильтрат	70	0,44	15,909	219,773	2,682	2,273	0,75
		Шаймасу		0,55	0,273	6,0	0,109	0,073	0,073

Ерітіндіде натрий гипохлоритінің болуы, ол ыдыраған, қорғасын хлоридтеріне қосылатын хлор иондарын түзеді. Нәтижесінде қорғасын кекке толық (62,76; 74,41 және 84,10 %) өтпейді.

Күмісті кекке өткізу жоғары (64,84; 77,16 және 80,0 %), яғни оның таңдалған ерігіште және тотықтандырғышта ерігіштігі төмен болады. Себебі бұл ерітіндіде натрий гипохлориті бар, ол ерімейтін күміс хлоридіне байланатын хлор иондарын түзілуімен сипатталады.

Мышьякті ертіндіге өткізу (72,06 %) Бақыршық концентратында жоғары, ал Бестөбе концентратында айтарлықтай жоғары емес (45,74 %) және Жолымбет концентратында төмен (24,13%) болды.

Алтынның арсенопиритпен ассоциациясын және мышьякты ерітіндіге алудың жоғары дәрежесін ескере отырып, Бақыршықтан алтынды алу жоғары болуы тиіс. Бірақ, ол аз ғана (42,47%), себебі бұл концентратта органикалық-минералды кешендерде алтынды байланыстыратын органиканың көп мөлшері бар. Демек, осы концентратты қайта өңдеу үшін қосымша қайта бөлу – органикалық фазаны жою және/немесе бұзу мақсатында концентратты алдын ала күйдіру қажет.

Алтынның (29,29 %) Жолымбет концентратынан ерітіндіге ерітіп алынуы мышьяктың (24,13 %) және мыстың (40,83 %) ерітіндіге аздаған мөлшерде бөлінуімен, кейін алтын ассоциациясының осы концентратта көбіне халькопиритпен және арсенопиритпен болуына байланысты.

Бестөбе концентратынан ерітіндіге алтынды (70,77 %) жоғары мөлшерде бөліп алу мыс (83,75 %) және мырыш 76,45% және мышьяк (45,74%) және темірдің (51,64%) жеткілікті мөлшерде жоғары алынуымен қамтамасыз етіледі. Осы концентратта алтын ассоциациясы негізінен халькопирит, сфалерит және пиритпен байланысты.

9 Кесте – NaClO қолдана отырып флотоконцентраттарды автоклавты күкірт қышқылды сілтілеу кегіне элементтерді өткізу (температура – 160 °С, H₂SO₄ концентрациясы – 60 %, NaClO шығыны – алтынның массасынан 300 % мас. артық, С:Қ=10:1, τ = 5 сағат)

Концентрат сынамасы	Элементтердің бөліп алынуы													
	Au		Ag		Cu		Zn		Pb		As		Fe	
	мг	%	мг	%	г	%	г	%	г	%	г	%	г	%
КЗ-1 Бақыршық	0,86	57,33	1,00	80,0	0,006	20,27	0,0048	30,12	0,0020	62,76	0,33	25,46	1,16	24,16
КЗ-2 Жолымбет	10,90	70,64	4,50	64,84	0,16	57,14	0,0062	20,67	0,076	84,10	0,494	73,51	1,06	7,68
КЗ-3 Бестөбе	2,20	28,83	2,23	77,16	0,010	14,28	0,013	21,66	0,012	74,41	2,73	52,39	5,97	46,35

9-кестенің жалғасы

Концентрат сынамасы	Элементтердің бөліп алынуы													
	Sb		SiO ₂		Al ₂ O ₃		CaO		MgO		Na ₂ O		K ₂ O	
	г	%	г	%	г	%	г	%	г	%	г	%	г	%
КЗ-1 Бақыршық	0,0040	14,34	19,90	64,11	0,79	5,84	0,21	87,5	0,018	3,0	0,16	7,35	0,031	4,40
КЗ-2 Жолымбет	0,0048	53,52	16,72	78,0	1,42	19,94	1,78	92,29	0,14	7,17	0,055	8,08	0,055	8,92
КЗ-3 Бестөбе	0,014	29,87	18,44	83,53	0,83	10,11	0,84	86,94	0,15	10,56	0,28	20,77	0,054	12,24

10 Кесте – NaClO қолдана отырып флотоконцентраттарды автоклавты күкірт қышқылды сілтілеу ерітіндісінде элементтерді бөліп алу (температура – 160 °С, H₂SO₄ концентрациясы – 60 %, NaClO шығыны – алтынның массасынан 300 % мас. артық, С:К=10:1, τ = 5 сағат)

Концентрат сынамасы	Элементтердің бөліп алынуы													
	Au		Ag		Cu		Zn		Pb		As		Fe	
	мг	%	мг	%	г	%	г	%	г	%	г	%	г	%
КЗ-1 Бақыршық	0,637	42,47	0,237	18,96	0,023	78,53	0,010	67,87	0,0011	35,36	0,93	72,06	3,53	73,64
КЗ-2 Жолымбет	4,52	29,29	2,33	33,56	0,11	40,83	0,023	79,02	0,012	13,19	0,162	24,13	12,43	90,11
КЗ-3 Бестөбе	5,40	70,77	0,63	21,93	0,058	83,75	0,045	76,45	0,004	23,61	2,38	45,74	6,65	51,64

10-кестенің жалғасы

Концентрат сынамасы	Элементтердің бөліп алынуы													
	Sb		SiO ₂		Al ₂ O ₃		CaO		MgO		Na ₂ O		K ₂ O	
	г	%	г	%	г	%	г	%	г	%	г	%	г	%
КЗ-1 Бақыршық	0,023	83,60	10,52	33,88	12,30	92,11	0,026	11,1	0,57	95,0	2,03	90,63	0,66	93,59
КЗ-2 Жолымбет	0,0040	44,42	4,29	20,01	5,57	78,0	0,11	5,68	1,77	90,8	0,61	89,76	0,55	89,07
КЗ-3 Бестөбе	0,032	68,35	3,17	14,36	7,15	87,16	0,10	11,03	1,24	87,31	1,04	77,12	0,37	85,49

3.2 Тотықтырғыш-натрий гипохлоритінің қатысуымен құрамында алтыны бар концентраттан күкірт қышқылында алтынды автоклавты еріту процесінің кинетикасын зерттеу

Алтынды автоклавты күкіртқышқылды еріту процесінің кинетикасын зерттеу үшін алтынды ерітіндіге бөліп алу бойынша жоғары көрсеткіштері бар құрамында алтыны бар Бестөбе флотоконцентраты таңдалды.

Бестөбе флотоконцентратынан күкірт қышқылында натрий гипохлоритінің қатысуымен алтынды автоклавты еріту жөніндегі эксперименттер жоғарыда сипатталған әдістеме бойынша жүргізілді (4.1-бөлім). Бестөбе флотоконцентраты бойынша 4.1 – бөлімде алынған тәжірибелік деректерді талдап алғаннан кейін автоклавты шаймалау мынадай тұрақты жағдайларда жүргізілді: температура – 160 °С, H₂SO₄ концентрациясы – 60 %, NaClO шығыны – алтынның массасынан 500 % мас. артық, С:Қ=10: 1. Процестің ұзақтығына байланысты концентраттан ерітіндіге алтынды алу бойынша жүргізілген зерттеулердің нәтижелері 11-кестеде көрсетілген.

11 Кесте – Процестің ұзақтығына қарай алтынды ерітіндіге өткізіп алудың тәуелділігін анықтау жөніндегі эксперименттердің нәтижелері (тұрақты мәндерде: бастапқы алынған масса – 70,0 г (Au – 7,6 мг), процестің температурасы – 160 °С, H₂SO₄ концентрациясы – 60 %, NaClO шығыны – алтынның массасынан 500 % мас. артық, С:Қ=10: 1.)

Тәжірибе нөмірі	Жүру уақыты, мин	Кектің массасы, г	Талдау нәтижелері, г/т	Кекке алтынның өтуі, мг	Кекке өтуі, %	Ерітіндіге өтуі, %
1	1	50,0	73,6	3,68	48,42	51,58
2	3	40,45	82,32	3,33	43,82	56,18
3	5	41,33	37,02	1,53	20,13	79,87
4	7	34,45	27,65	0,95	12,5	87,5

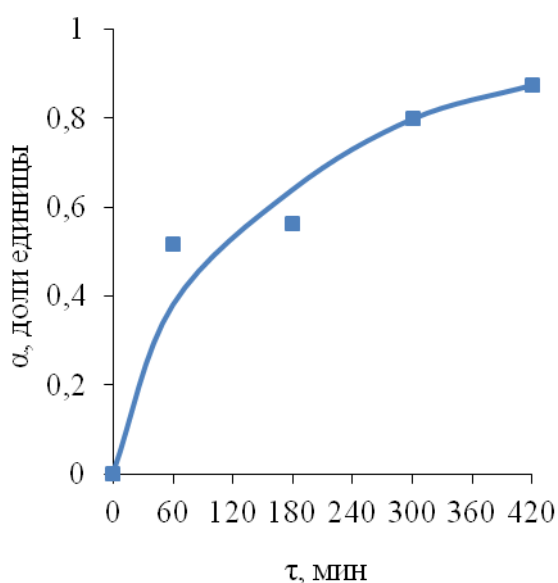
12-кестеде және 8-суретте тұрақты мәндерде Бестөбе флотоконцентратынан процестің ұзақтығы мен ерітіндіге алтынның еру дәрежесі бойынша жылдамдыққа тәуелділік мәндері келтірілген.

12-кестеде және 8-суретте алтынды алу дәрежесінің өзгеруі 1-ден 5 сағатқа дейінгі аралықта (60÷300 мин) көрінеді. 5-тен 7 сағатқа дейін еритін алтынды одан әрі ұлғайту алтынды алу дәрежесіне елеулі әсер етпейді және 79,87-ден 87,5% - ға дейін жетеді. Ерітіндіге алтынды шығару процесінің максималды жылдамдығы 60 мин процесс ұзақтығы кезінде жетеді. Бұл процестің температурасын дұрыс таңдауын көрсетеді. Одан әрі ұзақтығы 120-дан 420 минутқа дейін ұлғайған кезде алтынды еріту процесінің жылдамдығының біртіндеп төмендеуі орын алады. Бұл сондай-ақ, процеске әсер ететін диффузиялық факторлардың болуын куәландырады. 360÷420 мин интервалында еріту

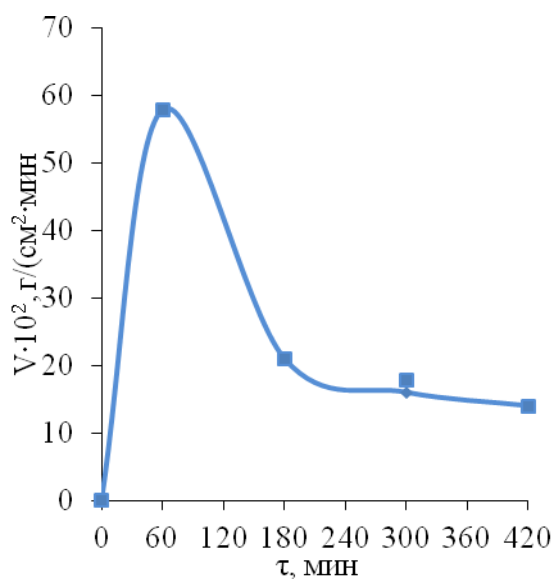
процесі жылдамдығының стагнациясы байқалады, бұл зерттелетін жүйеде термодинамикалық тепе-теңдіктің туындауын куәландырады.

12 Кесте – Процестің ұзақтығына байланысты Бестөбе концентратынан алтынды ерітіндіге бөліп алу дәрежесі мен жылдамдығы (тұрақты мәндерде: бастапқы алынған масса – 70,0 г (Au – 7,6 мг), процесің температурасы – 160 °С, H₂SO₄ концентрациясы – 60 %, NaClO шығыны – алтынның массасынан 500 % мас. артық, С:Қ=10: 1)

Процестің температурасы, °С	Тәжірибе уақыты, мин	Еріген алтынның массасы, г	Алтынның еру дәрежесі, бірлік үлесі	Алтынның еру жылдамдығы, $V \cdot 10^2$, г/(см ² ·мин)
160	0	0	0	0
160	60	0,00392	0,5158	57,7967
160	180	0,00427	0,5618	20,9857
160	300	0,00607	0,7987	17,8993
160	420	0,00665	0,8750	14,0068



А



Б

8 Сурет – Бестөбе флотоконцентратынан ерітіндіге алтынды еріту дәрежесі (а) мен жылдамдығының (Б) процесс ұзақтығына тәуелділігі (тұрақты мәндер кезінде: бастапқы массада – 70,0 г (Au – 7,6 мг), процесс температурасы – 160 °С, H₂SO₄ концентрациясы – 60 %, NaClO шығыны – алтынның массасынан 500 % мас. артық, С:Қ=10: 1.)

ҚОРЫТЫНДЫ

Қазіргі уақытта алтын мен күмісті еритін жағдайға аударуға қабілетті 40-қа жуық сілтіден айыратын цианидсіз жүйелер (цианидтер мен патша арағынан басқа) белгілі. Мұндай жүйелерге тиокарбамид (тиомочевина), натрий тиосульфаты және аммоний, галоидтар (хлор, бром, йод), сондай-ақ кейбір органикалық қосылыстар (мысалы, гуматтар және аминқышқылдары) жатады. Бірақ, бұл аталған еріткіштер, құрамында алтыны бар қиын алынатын кендерді өңдеу кезінде олардың жоғары тиімділігіне қарамастан, не жоғары бағамен, не тұрақсыздықпен немесе экологиялық қауіптілікпен сипатталады.

Барлық танымал еріткіштерден күкірт қышқылы қол жетімді және арзан реагент болып табылады. Концентрацияланған күкірт қышқылы немесе оның сұйылтылған ерітінділері алтынды ерітпейді, бірақ тотықтырғыштар мен комплекс түзгіштердің қатысуымен алтынның еруі тиімді болуы мүмкін. Сілтілі және сілтілі жер металдарының гипохлориті тотықтырғыштардың қатарында күшті тотықтырғыштарға жатады.

Натрий гипохлоритін қолдана отырып, алтынды ерітуге байланысты әдеби деректердің жоқтығына байланысты және натрий гипохлоритінің жоғары тотығу қабілетіне байланысты біз құрамында алтыны бар шикізаттан алтынды тотықтыру және еріту бойынша одан әрі зерттеу үшін концентрацияланған күкірт қышқылын еріткіш ретінде және натрий гипохлоритін тотықтырғыш ретінде таңдап алдық.

NaClO қатысуымен күкірт қышқылын қолдана отырып, автоклавта алтынның ерітіндіге жоғары бөлінуін қамтамасыз ететін технологиялық параметрлер белгіленді: процестің температурасы - 150 °C, процестің ұзақтығы – 3 сағат, H₂SO₄ концентрациясы – 50 %, NaClO шығыны – алтынның бастапқы салмағынан 200 мас. % артық.

NaClO қатысуымен автоклавты күкірт қышқылды еріту кезінде Бестөбе концентратынан алтынның ерітіндіге жоғары бөлінуін (79%-дан астам) қамтамасыз ететін технологиялық параметрлер белгіленді: процестің температурасы – 160 °C, процестің ұзақтығы – 5 сағат, H₂SO₄ концентрациясы – 60%, NaClO шығыны – алтынның бастапқы салмағынан 500 мас. % артық.

Зерттеулер мен эксперименталдық жұмыстардың нәтижелері бойынша натрий гипохлориті бар күкірт қышқылында алтын мен құрамында алтыны бар концентраттарды еріту бойынша деректер алынды. Олар тотықтырғыш - натрий гипохлоритін қолдана отырып, күкірт қышқылында алтынды ерітудің таңдалған тәсілінің тиімділігін көрсетті [46].

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Кен орындарының қорларын және қатты пайдалы қазбалардың болжамды ресурстарын сыныптау. – М.: ГКЗ СССР, 1982. – 14 бет.
- 2 Қазақстан Республикасының жер қойнауын мемлекеттік сараптау туралы ереже (Постанов. Правит. РК от 18.10.96г № 1288) // Минеральные ресурсы Казахстана. Инф.– правов. бюлл. - № 16(37). – б.11–12.
- 3 Основные типы рудных формаций. Терминологический справочник. – М.: Наука, 1984. – 316 с.
- 4 Жунусова Г.Ж. Золоторудная сырьевая база Казахстана // Труды Международной конференции «Форсированное индустриально-инновационное развитие в металлургии», посвященной выдающимся ученым, внесшим вклад в теорию и практику развития прокатного производства академику НАН РК Полухину П.И. и академику высшей школы МАН Давильбекову Н.Х.. – 2010, ноябрь 11-13. – С. 225-227.
- 5 Некрасов Б.В. Основы общей химии. – М.: Химия, 1969. - Т. 1.; 1970. - Т. 3. – 413 с.
- 6 Каковский И.А. К теории гидрометаллургии благородных металлов // Известия АН СССР. Отд. технических наук. - 1975. - № 7. – С. 58–64.
- 7 Малышев В.М., Румянцев Д.В. Золото.– М.:Металлургия, 1979.– 288 с.
- 8 Фомичев В.И., Жаутиков Т.М. Поведение и формы миграции золота в процессах рудообразования. Научно-теоретический аспект. – Алматы, 2005. - Ч.1. – 172 с.
- 9 Белеванцев В.И., Колонин Г.Р., Васильев Н.Г., Широнослова Г.П., Шамовская Г.И., Пещевицкий Б.И. Возможные формы нахождения и растворимость золота в рудообразующих растворах. Гидротермальное низкотемпературное рудообразование и метасоматизм // Труды ИГиГ СО АН СССР.– Новосибирск, Наука, 1982. - Вып. 505. – С. 83-117.
- 10 Барнс Х. Растворимость рудных минералов. Геохимия гидротермальных рудных месторождений. – М.: Мир, 1982. – С. 328-369.
- 11 Жунусова Г.Ж. Об исследованиях по растворению золота в различных растворителях // Вестник КазНТУ. – 2010. – № 11.
- 12 Лодейщиков В.В. Извлечение золота из упорных руд и концентратов. - М.: Недра, 1968. – 204 с.
- 13 Бочаров В.А., Игнаткина В.А. Технология обогащения золотосодержащего сырья. (Уч. пособие. для вузов) – М. : Руда и металлы, 2003. – 408 с.
- 14 Зеленов В.И. Классификация золотых руд по свойствам, определяющим технологию обработки // Труды ЦНИГРИ. –М.:ЦНИГРИ, 1967. –Вып. 77.– 330с.
- 15 Бочаров В.А., Чантурия Е.А., Игнаткина В.А. Обогащение сульфидно-окисленных руд с фракционным выделением цветных и благородных металлов // Обогащение руд. – 2002. – № 6. – С. 8–11.
- 16 Фишман М.А., Зеленов В.И. Практика обогащения руд цветных и редких металлов. –1967. – Т.5. – 253 с.

17 Sh. Baysbekov, A. Aissautov, G. Zhunussova Gold extraction from refractory ores by using gravity separation // Proceeding of the XIII Balkan Mineral Processing Congress. – Бухарест, 2009. – Vol. 1. – P. 269-271.

18 Бочаров В.А., Чантурия Е. А., Игнаткина В.А. Комбинированные технологии комплексной переработки сульфидных золотосодержащих руд цветных металлов // Ресурсовоспроизводящие малоотходные и природоохранные технологии освоения недр: Материалы Международной Конференции. – М.: РУДН, 2002. – С. 123–124.

19 JP 3712534. Устройство для получения ультразвуковых колебаний / Takagi Kenta, Tanaka Tomoo, Ito Masaya, заявл. 03.07.98, МКИ 7B06B 1/02, Ngk Spark Co.

20 JP 3713135. Устройство для получения ультразвуковых колебаний / Tanaka Tomoo, Hotta Nobuyuki Ito, Ito Masaya, заявл. 30.10.97, МКИ 7B06B 1/02, Ngk Spark Co.

21 US 6968956. Способ и устройство для разделения материалов / Iwasaki Iwao, Liu Jianjun, Zhou Zhiang, заявл. 22.02.02, МКИ 7B03B 7/00, Regents of the University of Minnesota.

22 RU 0002288039. Способ магнитного обогащения и устройство для его осуществления / Бородин А.А., Жилин С.Н. и др., заявл. 07.02.05, МКИ B03C 1/24, ОАО «Лебединский горно-обогатительный комбинат».

23 JP 3704344. Устройство для отделения магнитного вещества / Nakatsu Kasuo, Okamoto Kazunao, Wada Isao, заявл. 11.03.04, МКИ 7B03C 1/00, Kansai Electric Co.

24 RU 0002287373. Способ подготовки минерального сырья к флотации / Котов Ю.А., Филатов А.Л. и др., заявл. 31.05.04, МКИ B03B 1/00, Институт электрофизики Уральского отделения РАН.

25 Чантурия В.А., Федоров А.А., Чекушина Т.В. и др. Электрохимическая интенсификация процесса вскрытия упорных золотосодержащих руд // Горный журнал. – 1997. – № 10. – С.51–56.

26 Жунусова Г.Ж. О возможностях и перспективах использования бесцианидных методов переработки упорных золотосодержащих руд // Труды Международной конференции «Форсированное индустриально-инновационное развитие в металлургии», посвященной выдающимся ученым, внесшим вклад в теорию и практику развития прокатного производства академику НАН РК Полухину П.И. и академику высшей школы МАН Давильбекову Н.Х.. – 11-13 ноября 2010 г. – С. 221-224.

27 Минеев Г.Г., Панченко А.Ф. Растворители золота и серебра в гидрометаллургии. – М.: Металлургия, 1994.

28 Плаксин И.Н. Металлургия золота, серебра и платины. – М.: Госметаллургиздат, 1939.

29 Панченко А.Ф., Лодейщиков В.В., Хмельницкая О.Д., Видусов Т.Э. Подземное выщелачивание золота // Горный журнал. – 2001. – № 5.

30 Панченко А.Ф., Лодейщиков В.В., Хмельницкая О.Д. Изучение нецианистых растворителей золота и серебра // Цветные металлы. – 2001. – № 5.

31 Dadgar A. Refractory concentrate gold leaching: cyanide with Bromine // JOM – 1989. – 41. – № 12.

32 Лодейщиков В.В., Игнатьева К.Д. Рациональное использование серебросодержащих руд. – М.: Недра, 1973.

33 Лодейщиков В.В., Панченко А.Ф. Технологическая оценка некоторых растворителей золота // Цветная металлургия. – 1967. – № 24.

34 Пат. 5060142, С 22 В 47/00, С 22 В 3/06 РФ. Способ переработки марганцовистых руд, содержащих серебро / В.В.Лодейщиков, А.Ф.Панченко, О.Д.Хмельницкая, В.К.Чернов; АООТ «Иргиредмет». – Заявл. 26.08.92; опубл. 15.03.94; Бюл. № 5.

35 Пат. 2094605 RU. Способ извлечения золота из руд и водный раствор для выщелачивания золота / Блохин Н.Н., Федотов Г.П., Хмелевская Г.А и др. – Заявл. 26.11.91; опубл. 27.10.97.

36 Пат. 2119963 RU. Способ извлечения золота из упорных руд и концентратов / Блюмберг Э.А., сон С.Б. – Заявл. 26.08.97; опубл. 10.10.98.

37 Пат. 2120486 RU. Способ извлечения золота из упорных руд, концентратов и вторичного сырья / Блюмберг Э.А., Сон С.Б., Лаврентьев И.П. – Заявл. 26.08.97; опубл. 20.10.98 г.

38 Пат. 2434064 RU. Способ переработки упорного сульфидного золото-содержащего сырья / Шнеерсон Я.М., Лапин А.Ю. и др. – Заявл. 26.07.2010; опубл. 20.11.2011.

39 Предат. 3263 KZ. Способ выщелачивания золота из руд / Нерезов В.М., Меркулова В.П., Нерезов К.В. – Заявл. 22.12.92; опубл. 10.06.96 г; Бюл. №2.

40 Пат. 2401311 RU. Способ извлечения золота из концентратов / Медков М.А., Молчанов В.П., Белобелецкая М.В. и др. – Заявл. 11.01.2009; опубл. 10.10.2010 г, Бюл. №28.

41 Патент №2351666, RU. Способ извлечения золота и серебра из концентратов / Медков М.А., Молчанов В.П. и др. – Заявл. 11.07.2007; опубл. 10.04.2009 г, Бюл. №10.

42 Пат. 2228963 RU. Способ извлечения золота / Молчанова Т.В., Шаталов В.В., пеганов В.А. и др. – Заявл. 08.04.2002; опубл. 20.05.2004.

43 Патент №2431689, RU. Способ извлечения золота из упорных глинистых руд / Латыпов Б.М., Лапытов Т.Б., Прочухан Ю.А. и др. – Заявл. 14.01.2010; опубл. 20.10.2011, Бюл. №29.

44 Пат. 2340690 RU. Способ извлечения золота из упорных сульфидных руд / Совмен В.К., Гуськов В.Н., Дроздов С.В. и др. – Заявл. 26.12.2005; опубл. 10.12.2008, Бюл. №34

45 Оспанов Х.К., Оспанов А.Х. Ылғал хлорлау әдісімен алтын құрамды шикізатты өңдеудің физика-химиялық негіздері . – Алматы, 2002. – 201 б.

46 Ғылыми-зерттеу жұмысы туралы есеп: Сілтілі металдар оксихлоридінің катысуымен алтын құрамды берік минералды шикізатты автоклавты күкірт қышқылды шаймалау процесінің ғылыми негіздерін әзірлеу / Ғылыми зерттеулерді гранттық қаржыландыру. - Алматы, 2013.

А қосымша

Краткий отчет



Университет:	Satbayev University
Название:	«Оксидхлоридті сілтілі металдар қатысуында алтын және алтынның іспелі минералдарын күкірт қышқылында еріту технологиясын зерттеу»
Автор:	Қалибек Еркебұлан Қалибекұлы
Координатор:	Бағдат Алтайбаев
Дата отчета:	2019-05-06 06:53:19
Коэффициент подобия № 1:	4,4%
Коэффициент подобия № 2:	0,7%
Длина фразы для коэффициента подобия № 2:	25
Количество слов:	11 580
Число знаков:	83 921
Адреса пропущенные при проверке:	
Количество завершенных проверок:	13



К вашему сведению, некоторые слова в этом документе содержат буквы из других алфавитов. Возможно - это попытка скрыть позаимствованный текст. Документ был проверен путем замещения этих букв латинским эквивалентом. Пожалуйста, уделите особое внимание этим частям отчета. Они выделены соответственно.

Количество выделенных слов 40

>> Самые длинные фрагменты, определенные, как подобные

№	Название, имя автора или адрес гиперссылки (Название базы данных)	Автор	Количество одинаковых слов
1	URL_ http://portal.kaznu.kz/files/Ref_Zhunosova.pdf		33
2	ҚазақмысСмелтинг ЖШС жағдайындағы мыс сульфидті концентраттарды өңдеу цахын.Жәнісбеков Аслан жобалау Satbayev University (Г_М_И)		28
3	URL_ http://portal.kaznu.kz/files/Ref_Zhunosova.pdf		25
4	URL_ http://www.rudmet.ru/journal/580/article/8726/		24
5	URL_ http://portal.kaznu.kz/files/Ref_Zhunosova.pdf		23
6	URL_ http://lib.znate.ru/docs/index-259963.html		23
7	URL_		20

А қосымшасының жалғасы

	http://lib.znate.ru/docs/index-259963.html	
8	URL_ http://portal.kaznitu.kz/files/Ref_Zhunusova.pdf	19
9	URL_ http://portal.kaznitu.kz/files/Ref_Zhunusova.pdf	19
10	URL_ http://portal.kaznitu.kz/files/Ref_Zhunusova.pdf	16

>> Документы, в которых найдено подобные фрагменты: из RefBooks

1

Не обнаружено каких-либо

заимствований

>> Документы, содержащие подобные фрагменты: Из домашней базы данных

Документы, выделенные жирным шрифтом, содержат фрагменты потенциального плагиата, то есть превышающие лимит в длине коэффициента подобия № 2

№	Название (Название базы данных)	Автор	Количество одинаковых слов (количество фрагментов)
1	ҚазақмысСмелтинг ЖШС жағдайындағы мыс сульфидті концентраттарды өңдеу цехын жобалау <i>Satbayev University (Г_М_И)</i>	Женисбеков Аслан	34 (2)
2	Разработка метода очистки промышленных сточных вод предприятий горно-металлургического комплекса на примере ЗИФ «Алтынтау Кокшетау» <i>Satbayev University (И_И_В_Т)</i>	Тулбаева Алия Алибековна	15 (1)

>> Документы, содержащие подобные фрагменты: Из внешних баз данных

Документы, выделенные жирным шрифтом, содержат фрагменты потенциального плагиата, то есть превышающие лимит в длине коэффициента подобия № 2

№	Название (Название базы данных)	Автор	Количество одинаковых слов (количество фрагментов)
1	Yerli hammaldan istifada etmәklә qiziln vә misin sәmәrәli istehsal texnologiyalarinin araşdırılması <i>Azerbaijan Technical University (ATU) (Metalürjiya vә metalşünaslıq)</i>	Әміров Т.С.	23 (2)
2	Проектирование обогатительной фабрики по переработке золотосодержащих руд Бакырчкского месторождения производительностью 1 млн. тонн в год на базе ТОО «Полиметалл» <i>D. Senkbayev East Kazakhstan State Technical University (ОПАМУП)</i>	Алибаева А.А. 14-ОП-1	10 (1)

>> Документы, содержащие подобные фрагменты: Из интернета

Документы, выделенные жирным шрифтом, содержат фрагменты потенциального плагиата, то есть превышающие лимит в длине коэффициента подобия № 2

№	Источник гиперссылки	Количество одинаковых слов (количество фрагментов)
1	URL_ http://portal.kaznitu.kz/files/Ref_Zhunusova.pdf	220 (18)
2	URL_ http://lib.znate.ru/docs/index-259963.html	146 (12)
3	URL_ http://www.rudmet.ru/journal/680/article/8726/	29 (2)
4	URL_ https://imio.kz/ru/portfolio-items/%e2%84%965-2011/	16 (2)
5	URL_ https://sites.google.com/site/rmp2010/ucebnye-izdania-poluchivsie-grify-umo/gravitacionnye-metody-obogasheniya	12 (1)