

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

СӘТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ

Ө.А. Байқоңыров атындағы Тау-кен металлургия институты

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

Сарсебекова Аяулым Галымқызы

Мыс минералдарын шаймалау кинетикасын зерттеу

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

5B070900 – Металлургия мамандығы


Алматы 2019

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

СӘТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ

Ө.А. Байқоңыров атындағы Тау-кен металлургия институты

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

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ
МПЖ және АМТ кафедра
менгерушісі PhD докторы,
техн. ғыл. кандидаты,
қауымдас-ған профессор
 Чепуштанова Т.А.
«13» мамыр 2019 ж.


ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы «Мыс минералдарын шаймалау кинетикасын зерттеу»

5B070900 – Металлургия мамандығы

Орындаған

Сарсебекова А.Г.

Ғылыми жетекшісі:
PhD докторы, проф. ассис.
 Мамырбаева К.К.
«13» мамыр 2019 ж



Алматы 2019

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

СӨТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ

Ө.А. Байқоңыров атындағы Тау-кен металлургия институты

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

5B070900 – «Металлургия»

БЕКІТЕМІН

МТЖ және АМТ кафедра
меңгерушісі PhD докторы,
техн. ғыл. кандидаты,
қауымдасқан профессор
Чепуштанова Т.А.
«13» мамыр 2019 ж.



**Дипломдық жұмыс орындауға
ТАПСЫРМА**

Білім алушы Сарсебекова Аяулым Галымқызы

Тақырыбы: Мыс минералдарын шаймалау кинетикасын зерттеу

Университет ректорының «08» қазан 2018 ж. № 1113-б бұйрығымен бекітілген
Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі «03» мамыр 2019 ж.

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістері: мысты гидрометаллургиялық әдіспен өңдеу, соның ішінде Бозшакөл кен орнының кенінен мысты шаймалаудың кинетикалық заңдылықтарын зерттеу.

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

а) Әдеби шолу;

б) Тәжірибелік бөлім;

в) Экономикалық бөлім;

г) Қауіпсіздік және еңбек қорғау бөлімі.

Сызбалық материалдар тізімі

Сызбалық материалдар 12 слайдпен көрсетілген

Ұсынылатын негізгі әдебиет 34 атау

АННОТАЦИЯ

Дипломная работа изложена на 37 страницах, из них на 30 страницах основное содержание, содержит 4 разделов, 10 рисунка, 5 таблиц. В диссертации использовано 34 источников литературы.

Объектом исследования являются:

- рудное медьсодержащее сырье (минералы и руды Бозшакольского месторождений);
- процесс сернокислотного выщелачивания меди из указанного рудного сырья;
- продуктивные медьсодержащие растворы.

Цель выполнения дипломной работы – выявить основные кинетические закономерности сернокислотного выщелачивания меди из рудного медьсодержащего сырья различного типа.

В дипломной работе приведены результаты исследований по изучению физико-химического состава рудного медьсодержащего сырья Бозшакольского месторождения.

Исследования физико-химического состава руды Бозшакольского месторождения показали, что в рудах присутствуют как сульфидные, так и окисленные минералы, что должно отражаться на кинетике процессов выщелачивания меди.

ANNOTATION

The thesis is presented on 37 pages, of which 30 pages – the main content, contains 4 sections, 10 figures, 5 tables. Used in the thesis 34 references.

The object of research is:

- ore copper-containing raw materials (minerals and ores of Bozshakol deposits);
- process of sulfuric acid leaching of copper from the specified ore raw materials;
- productive copper-containing solutions.

The purpose of the thesis is to identify the basic kinetic laws of sulfuric acid leaching of copper from copper ore containing raw materials of various types.

The thesis presents the results of research on the physical and chemical composition of copper ore-containing raw materials Bozshakol field.

Studies of the physical and chemical composition of the Bozshakol Deposit ore have shown that both sulfide and oxidized minerals are present in the ores, which should affect the kinetics of copper leaching processes.

МАЗМҰНЫ

	Кіріспе	9
1	Әдеби шолу	10
1.1	Табиғатта мыстың және оның кен орындарының табылуы	10
1.2	Мысқұрамды шикізатты шаймалау тәжірибесі	11
1.3	Шаймалау кинетикасы туралы жалпылама теориялық мәліметтер	12
2	Тәжірибелік бөлім	15
2.1	Мысқұрамды кен шикізатынан мысты күкіртқышқылды шаймалаудың кинетикасын анықтау	15
2.2	Зерттеу жұмысының орындалу әдісі	16
2.2.1	Куприттен мысты күкіртқышқылды шаймалаудың кинетикасы	19
2.2.2	Бозшакөл кенорны кенінен мысты күкіртқышқылды шаймалаудың кинетикасы	24
3	Жұмыстың экономикалық тиімділігін есептеу	29
3.1	Өзіндік құнының өзгеру есебі	29
3.2	Зерттеу жұмысының экономикалық тиімділігін есептеу	29
4	Қауіпсіздік және еңбек қорға	32
4.1	Жалпы сипаттама	32
4.2	Желдеткіш тартпалы шкафты есептеу	32
	Қорытынды	35
	Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	36
	Қосымшалар	38

КІРІСПЕ

Соңғы онжылдықтарда мысқұрамды шикізатты өңдеудегі гидрометаллургиялық әдістердің зерттелуі мен дамуына көп назар аударылуда.

Кен шикізатын өңдеудің гидрометаллургиялық әдістері, соның ішінде мысты шаймалау, кен шикізатынан бағалы стратегиялық металлды тиімді бөліп алуға ғана емес, сонымен қатар Қазақстан Республикасының алғашқы президенті Н.Ә. Назарбаевтың “Қазақстан-2050” Стратегиясы Жолдауындағы минералдық шикізатты қолдану кешені туралы бірқатар тапсырмаларды орындауға мүмкіндік береді [1].

Жұмыстың өзектілігі. Кез келген металлургиялық процесстің орындалуы кезінде оның қарқындылығына байланысты сұрақтар пайда болады, бұл сұрақтар көп жағдайда процесстің өту кинетикасының заңдылықтары мен ерекшеліктерін анықтау барысында шешіледі. Шаймалау процесі де осы процесстердің қатарына жатады, сондықтан әр түрлі кен шикізаттарынан мысты шаймалаудың кинетикалық заңдылықтарын анықтау өзекті және іс жүзінде маңызды тапсырма болып табылады.

Мысты күкіртқышқылды шаймалаудың кинетикалық заңдылықтарын анықтау Қазақстан Республикасындағы сульфидті, аралас және тотыққан мысқұрамды шикізаттарынан мысты шаймалау процесінің қарқындылық әдістері мен құралдарын таңдау кезінде көмектеседі

Дипломдық жұмыстың мақсаты әр түрлі типтегі мысқұрамды кен шикізатынан мысты күкіртқышқылды шаймалау процесінің негізгі кинетикалық заңдылықтарын анықтау болып табылады.

Дипломдық жұмыста орындалған зерттеулердің негізгі міндеттері:

- мысқұрамды кен шикізатын гидрометаллургиялық өңдеудің заманауи жағдайын көрсету;
- шаймалау процесінің кинетикасы туралы жалпы теориялық мәліметтерді дәріптеу;
- Бозшакөл кенорнындағы мысқұрамды кен шикізатының физико-химиялық құрамын зерттеу;
- мысқұрамды шикізаттың құрамына кіретін жеке минералдардан мысты күкіртқышқылды шаймалаудың кинетикасын эксперименттік жолмен анықтау;
- Бозшакөл кенорнындағы кеннен мысты күкіртқышқылды шаймалау кинетикасын анықтау.

Дипломдық жұмыста көрсетілген зерттеулердің ғылыми жаңалығы: кен шикізатының химиялық және физикалық құрамына және бірқатар технологиялық факторларға байланысты кеннен мысты күкіртқышқылды шаймалау процесі диффузиялық және диффузиялы-кинетикалық жолмен жүретіні көрсетілген.

1 Әдеби шолу

1.1 Табиғатта мыстың және оның кен орындарының табылуы

Мыс – жылу мен электр тоғын жақсы өткізетін (электр өткізгіштігі жағынан күмістен кейінгі екінші орында) алтын түстес алқызыл пластикалық металл. Ауада мыс бірден тотықты қабыршақпен қапталады, ол мысқа тән қанық сары-қызыл рең береді. Мыстың жұқа қабыршағы жарық түскенде жасыл-көк түс көрсетеді [6, 7].

Ерте геологиялық дәуірде мыс тек қана сульфидты қоспалар – халькопирит CuFeS_2 және халькозин Cu_2S түрінде болғаны анық. Бұл жағдай мыстың күкіртке химиялық жағынан үлкен ұқсастығымен түсіндіріледі, қазіргі уақытта сульфидтер – мыстың ең кең таралған минералдары.

Қазақстан мыс кенінің үлкен қорына ие. Қазақстандағы мыс кенорындарының стратиформдық, колчеданды, мыстыпорфирлі және скарнды өнекәсіптік түрлері бар, соның ішінде мыстың көп бөлігі мысты құмдақтарда (71 пайыз) және мысты-порфирлі (24 пайыз) кен орындарында шоғырланған. Пайдалануға дайын тау-кен қазу өнеркәсіптерінің мыс қорымен қамтылуы жоғары деңгейде емес және шамамен 25-30 жылды құрайды [2-5].

Қазақстан Республикасының аумағында мыстың 90-нан аса кен орындары табылған. Еліміздегі мыс кенорындары Орталық Қазақстанда, Шығыс (Кенді Алтай) және Оңтүстік Қазақстанда шоғырланған. Бұл аумақтар кенорындарының өнеркәсіп типтерінің әр түрлілігімен сипатталады.

Үлкен кенорындардың қатарына Жезқазған мысты құмдақты кенорны, мысты-порфирлі типтегі Ақтоғай және Айдарлы кенорны, сонымен бірге Коунрад, Саяқ және Бозшакөл кенорындары жатады. Осы кенорындарының мысты кендерінің құрамында мыстан басқа көптеген металлдар кіреді, яғни кешенді болып табылады. Мысалы, Жезқазған кенорнына мына өндірілетін компоненттер кешені тән: қорғасын, мырыш, күміс, рений, молибден және басқалар. Коунрад кен орнына күміс, алтын, молибден және рений тән.

Акмола және Павлодар арасында геолог Борукаев ашқан Бозшакөл кенорнының жасы Кембрий кезеңінен төмен деп белгіленген. Бозшакөл кендерінде мыстан басқа кобальт, алтын, күміс, сынап және басқа элементтер бар. Бозшакөл кенорындарының кен құрамы мысқа бай болмағанымен, алайда өндірістің тиімділігін қамтамасыз ететін шағын көлемдегі аршу жұмыстары арқылы дами алады.

Қазақстан Республикасы аумағындағы мысқұрамды кендерді өндіруді “Қазақмыс”, “Қазцинк” еншілес компаниялары, Ақтөбе мыс компаниясы, “Майкаинзолото” жүзеге асырады. Мыстың 92 пайызы Қазақстаннан шет елдерге экспортталады [2-5].

1.2 Мысқұрамды шикізатты шаймалау тәжірибесі

Мысты шаймалау – қазіргі таңда технологиялық тұйық цикл құруға мүмкіндік беретін технология, себебі мыс иондары бөлініп шыққаннан кейін ерітінділер жерасты шаймалау процесінің бастапқы кезеңіне қайта келуі керек болады. Ерітінділердің бағытталған қозғалысы көптеген жергілікті депрессиялы ойыңқыларды жасау арқылы жүзеге асады [9-12].

Мыстың еріткішпен химиялық өзара әрекеттесуі кезінде металдың бейтарап атомы ерігіш қосылыс құрап иондық күйге ауысады. Құрамындағы металл қышқылдандырылған (иондық) формада болған жағдайда кендер мен концентраттарды шаймалау кезінде еру процесі оңай жүреді. Кейбір жағдайда еріткіш арқылы мысты бөліп алу үшін мыстың оттегімен немесе басқа тотықтырғышпен қосындысын алдын ала қышқылдандырып алу қажет. Мыстың тотығуы мен тотықтырғыштың иондануының (мысалы, суда еріген молекулярлы оттегі) бір уақытта жүруі термодинамикалық тұрғыда, мысалы аммиакты шаймалау кезіндегі кешенді ионның құрылуынан пайда болған энергия шығыны кезінде ғана болуы мүмкін.

Әр түрлі химиялық байланысы бар (ковалентті, металлдық, иондық) минералдардың кристалдық торда еруі сульфидтерді, арсенидтерді, селенидтерді, теллуридтерді шаймалауға тән. Егер алдын ала қышқылда күйдірілмеген болса, бұл минералдардың еруі үшін сонымен қатар тұнбада тотықтырылуы керек болады, мысалы мысты-никельді сульфид кендерін аммиакты шаймалау кезінде оттегі немесе ауа қысымы көмегімен автоклавта тотықтыру. Еріткіштің тасымалдануы және реакция өнімдерін жою ерітіндіде конвекция (турбулентті диффузия) арқылы, ал минералды қабатта – молекулалық (жылу) диффузия арқылы өтеді. Қалыпты жағдайда гидрометаллургиялық бөліп алу кезінде болатын реакция диффузиялық аумақта болады, реакция ағынын шектейтін диффузиялық заттың жылдамдығы анықтаушы фактор болып табылады. Минералдың еру жылдамдығының өсуі ұсақталу деңгейіне байланысты, араластыру жылдамдығына және температураның жоғарылауына байланысты болады [17-20].

Еруші минералдың беттік формасы және бөлшектерінің көлемі еритін металл мөлшерінің ерітіндімен байлынысу уақытына функционалды тәуелділігін анықтайды; сондықтан олар бөләнуде деңгейі мен шаймалау аппараттарының көлеміне әсерін тигізеді.

Мыс қосылыстарын шаймалау үшін ерітінді ретінде көбінесе күкірт қышқылы мен аммоний гидроксид ерітінділері қолданылады [15-21].

Гидрометаллургиялық өндірістің ауқымды көлемі кезінде (мысалы, ірікесекті тотыққан кендерден мысты шаймалау) өңдеу жұмысы кейде кен қабаттарын күкірт қышқылының әлсіз ерітіндісімен суару арқылы жүзеге асады. Мысқұрамды ерітінділер жинағыш қоймаларда, сосын цементтепкіште құрғатылады. Ұсатылған және сұрыпталған кеннің құмды түйірлері үшін күбілерде жақсы сүзгіш жүктеме қабаты арқылы ерітіндіні сіндіру қолданылады. Осы процесстің қарқындылығын арттыру үшін ерітіндіні кейде

алдын ала ауамен қанықтырып, сүзгіштің астында вакуум жасайды. Өте майдаланған шикізатты шаймалауда тұнбаны араластыру (механикалық, пневматикалық және пневмомеханикалық) үшін күбі пайдаланады. Үздіксіз шаймалау үшін оларды кезекпен жалғайды.

Жерастылық шаймалау табиғи және ұйымдастырылған болып бөлінеді. Біріншісі жерасты суларының мысқа кедей тау жыныстары қалып қойған ескі тау қазбаларына енуі нәтижесінде болады, ал оларды қалыпты әдіспен өндіру тиімсіз. Ұйымдастырылған шаймалау кезінде қазіргі таңда бактериялар культурасымен әдейі зақымдалған ерітінділерді кен қабаттарына кен затының пішіні мен циркуляцияның қолайлы болуын ескеріп бұрғыланған ұңғыма арқылы жібереді. Бұл ұңғымалар тот баспайтын болат немесе пластмассадан жасалған перфорациялық құбырлармен жабдықталған. Тау жыныстарының өткізгіштігі әлсіз болған жағдайда ұңғымаларды гидравликалық немесе басқа қопсыту әдісі үшін де жасайды. Ірі кен орындарында тау жыныстарының жатысы тығыз болса, кен орны сілемдерін жаралыс арқылы, кейде ядролық жарылыс арқылы бөлшектейді. Тотығу және бактериялардың дамуы үшін үзілістер жасау арқылы ерітіндіні беру мен бұру орындарын ауыстырады.

1.3 Шаймалау кинетикасы туралы жалпылама теориялық мәліметтер

Шаймалау кезіндегі массаалмасудың жалпы теңдеуі. Кез келген қатты затты шаймалау гетерогенді процесс болып табылады, және оның жылдамдығы кинетикалық процесске әр түрлі әсерін тигізетін көптеген факторларға байланысты. Осының нәтижесінде шаймалау жылдамдығы да әр кезеңде әр түрлі.

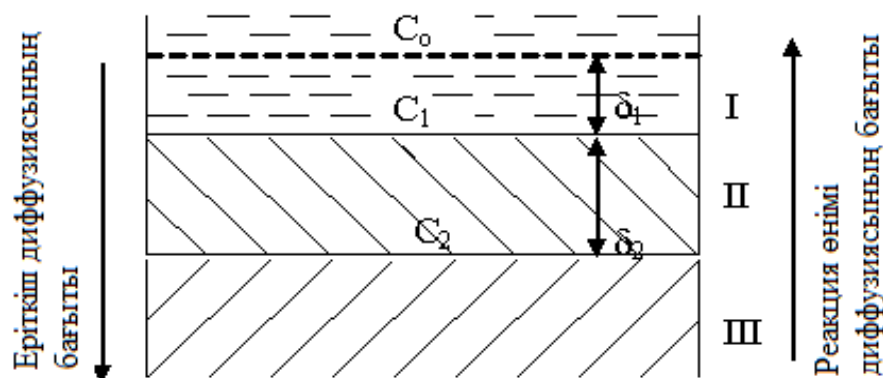
Қатты затты шаймалау процесі негізгі үш кезеңнен тұрады:

- әрекеттесуші заттардың ерітіндіден реакция бетіне диффузиялануы;
- химиялық реакция;
- реакцияның еріген өнімдерінің реакция бетінен ерітіндіге диффузиялануы.

Егер процесс барысында жаңа қатты фаза пайда болса, процесске келесі сатылар қосылады:

- реагенттің (ерігіш зат) ерітіндіден қатты фаза бетіне диффузиясы (сыртқа диффузия);
- реагенттің қатты өнім қабаты арқылы реакциялық бетке диффузиясы (ішкі диффузия);
- шаймаланатын заттың беткі қабатындағы химиялық реакция;
- еріген өнімнің реакция бетінен қатты өнім қабаты арқылы диффузиялануы (ішкі диффузия);
- еріген өнімнің қатты фаза бетінен ерітіндіге диффузиялануы [8].

Шаймалаудың схемалық үлгісі 1-суретте көрсетілген.



I – қалыңдығы δ_1 қатты фазаның бетіне жапсарлас ерітінді қабаты; II – қалыңдығы δ_2 болатын реакцияның қатты өнім қабаты; III – шаймаланатын зат; C_0 – ерітіндідегі реагент концентрациясы; C_1 – қатты фаза бетіндегі реагент концентрациясы; C_2 – реакциялық беттегі реагент концентрациясы.

1 Сурет – Шаймалаудың графикалық үлгісі

Шаймалаудың меншікті жылдамдығы (шаймалау ағыны) деп ерітіндіге қатты фаза бетінің бірлігінен уақыт бірлігінде өткен заттар мөлшерін атаймыз.

Фиктің бірінші заңымен анықталатын δ_1 (сыртқы диффузиялық қабат) қатты фазасының бетіне жапсарлас ерітінді қабаты арқылы өтетін реагент диффузиясының ағыны мына теңдеумен көрсетіледі [8]:

$$j_1 = D_1 (C_0 - C_1) / \delta_1, \quad (1.1)$$

D_1 – ерітіндідегі реагент диффузиясының коэффициенті.

δ_2 (ішкі диффузиялық қабат) реакция өнімі қабаты арқылы өтетін реагент диффузиясының ағыны да осылай анықталады:

$$j_2 = D_2 (C_1 - C_2) / \delta_2, \quad (1.2)$$

D_2 – реакцияның қатты өнім қабатындағы реагент диффузиясының коэффициенті.

Белгілі бір уақыт бірлігінде бір бетке (реагент бойынша шаймалау ағыны) шығындалатын реагент мөлшері былай есептеледі:

$$j_3 = K C_2^n, \quad \text{при } n = 1 \quad j_3 = K C_2, \quad (1.3)$$

мұнда K – химиялық реакция жылдамдығының тұрақтысы;

n – реагент бойынша реакция реті.

Реакцияның өту шамасына қарай ерітіндідегі C_0 реагентінің концентрациясы, сонымен қатар δ_2 реакциясының қатты өнімі қабатының қалыңдығы және процесстің басқа да өлшемдері өзгеріп отырады. Бұл әр кезең сайын ағынның уақыт өте өзгеруіне алып келеді. Алайда, егер шаймалау

жылдамдығы үлкен болмаса, ал ағындар айтарлықтар тез реттеліп отырса, онда барлық ағын біркелкі өзгереді деп айтуға болады. Әр сатыдағы ағындар өзара тең болатын процесстің мұндай тәртібі қалыптасқан деп аталады.

Шаймалау кезіндегі массаалмасудың жалпы теңдеуі келесі түрде көрсетіледі:

$$j = \frac{C_0}{\delta_1/D_1 + \delta_2/D_2 + 1/K} \cdot \quad (1.4)$$

$D_i/\delta_i = \beta_i$ шамасы массаберіліс коэффициенті, ал $\frac{1}{\beta_i} = \frac{\delta_i}{D_i}$ кері

шамасы диффузиялық кедергі деп аталады. Үйлесімділік бойынша $1/K$ шамасы химиялық кедергі деп аталады.

2 Тәжірибелік бөлім

2.1 Мысқұрамды кен шикізатынан мысты күкіртқышқылды шаймалаудың кинетикасын анықтау

Мысты кендерді шаймалауда қолданылатын кең таралған еріткіштерге минералды қышқылдар, сілтілі және цианды ерітінділер жатады. Еріткіштердің әрқайсысы өзіндік артықшылықтар мен кемшіліктерге ие.

Яғни, тұзды және азотты қышқылдар – агрессиялық еріткіштер, оларды қолдану кезінде өнімді ерітіндіге көптеген қоспалар өтеді. Одан бөлек, оларды тасымалдау және қайта қалпына келтіру қиын.

Аммиакты ерітінділер мыстың тотыққан қосындылары мен таза мысты іріктей отырып ерітеді, бірақ айтарлықтай қатаң технологиялық жағдайда: жоғраы температура, тотықтырғыштарды қолдану, бу қысымын және жарылыстарды болдырмау үшін аммиактың оттегімен байланысын бақылау қажет болады, бұл кемшіліктер оның кең қолданылуына кедергі келтіреді.

Цианды ерітінділер өзінің жоғарғы улылығына, үлкен шығынына және қолданылу қиындығына байланысты мыс гидрометаллургиясында кең ауқымда қолданылмайды.

Металл қосындыларының көпшілігінде, соның ішінде, сульфидтерде де тотықтырғыш пен еріткіш күкірт қышқылы болып табылады, оның концентрациясы үлкен аралықта өзгеріп отырады. Сонымен қатар, күкірт қышқылы арзандығымен, жоғары технологиялылығымен және қолжетімдігімен ерекшеленеді. Күкірт қышқылы мен металл сульфидтерінің өзара байланысы екі механизм бойынша өтеді:

- сульфидтердің бір тобы (галенит, сфалерит, пирротин) күкірт қышқылымен айтарлықтай жұмсақ жағдайда (50 °C) күкіртсутектің бөлінуімен болатын байланысы;

- басқа тобы (халькопирит, халькозин, ковеллин, пирит) күкірт қышқылымен жоғары температурада (150 °C) газдық фазаға күкірт диоксидін бөле отырып байланысқа түседі. Жоғарыда айтылған сульфидтердің барлығы 300⁰C-қа дейін қыздырғанда күкірт қышқылы арқылы ашылады.

Табиғаты әр түрлі тотықтырғыштар мен кешенді түзгіштердің қолданылуы шаймалаудың температуралық және концентрациялық тәртібі мен оның ұзақтығын аз жаққа жылжытуға мүмкіндік береді [18-21, 22-25].

Сондықтан осы жұмыста еріткіш ретінде күкірт қышқыл алынды. Сульфидті мысқұрамды кендерді концентрациясы 15 г/л-ден төмен ерітінділерде шаймалаудың тиімділігінің аздығы әдеби дереккөздерден [22-25] белгілі, ерітіндінің қышқылдығын 50 г/л-ден жоғарыға көтеру қышқылдың ақталмаған шығындарына әкеліп, экономикалық тиімсіз болады, шаймалау кезіндегі сулы фаза мен қатты фазаның ара қатынасы 4:1 – 10:1 аралығында болуы ұсынылған. Жасалған жұмыста ерітіндідегі күкірт қышқылының концентрациясы 5-тен 100 г/л-ге дейінгі аралықта өзгеріп отырды. Шаймалау фазалардың С:Қ=10:1 қатынасында өтті

2.2 Зерттеу жұмысының орындалу әдісі

Зерттеу жұмысының орындалу барысында қолданылатын *материалдар мен реагенттер*:

- Бозшакөл кенорнының кені;
- тазартылған су;
- әр түрлі концентрациядағы күкірт қышқылы ерітінділері;
- калий йодидінің 10 пайыздық ерітіндісі;
- натрий тиосульфаты ерітіндісі (0,1 г-экв/л);
- крахмалдың 1 пайыздық ерітіндісі;
- әр түрлі концентрациядағы аммоний гидроксиді ерітіндісі;
- қалыңдығы әр түрлі сүзгіш қағаз.

Жұмыс барысында қолданылған барлық бейорганикалық реактивтердің «хт», «түт», «ерт» және «стүт» дәрежелері бар.

Зерттеудің шаймалау кинетикасы бойынша орындалу әдісі. Кен шикізаттарын шаймалауға алдын ала дайындауға кенді ұсақтау мен оларды жіктеу кіреді. Кен бірінші 0,74 мм мөлшерге дейін ұсақталып, монодисперсті материалға жақын зат алынды.

Шаймалау кезіндегі тәжірибелердің әрқайсысы үшін салмағы 30г болатын орташаландырылған үлгілер таңдалып алынды, кейін олар белгіленген концентрацияда, фазалар ара қатынасында, белгілі бір температурада және ұзақтықта күкірт қышқылы ерітіндісінде шаймаланды. Шаймалау MR Hei-Standard магнитті араластырғыштары (2-сурет) көмегімен үздіксіз араластыру арқылы өткізілді.



2 Сурет – Магнитті араластырғыш көмегімен мысқұрамды шикізатты шаймалау

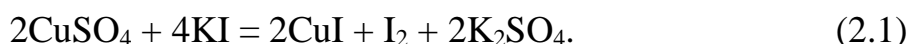
Температура сынапты термометр көмегімен бақыланды, тәжірибенің орындалу барысында температура қолмен реттеліп отырды. Құрамындағы мысты бақылау үшін өнімді ерітіндіден үлгілерді алу әр 15 минут сайын

жасалды.

Шаймалау процесінің аяқталуына қарай пульпаны сүзгіден өткізеді, сүзіндіге ерітінді құрамындағы мысқа байланысты талдау жүргізілді. Тұнбаны сумен шайып, 105 °С температурадан тұрақты температураға дейін кептіргіш шкафта құрғатады.

Өнімді ерітінділердегі мыстың барын анықтау иодометрлік титрлеу арқылы анықталады.

Мысты иодометрлік титрлеу ерітіндіде йодтың бар-жоғын тексеру үшін индикатор ретінде қолданылатын крахмалдың сезімталдығына негізделген, бұл крахмал калий йодиді мен мыстың екі валентті иондары арасындағы реакция нәтижесінде құрылады:



Титрлеу екі сатыда орындалады. Бірінші сатыда тотықтырғыш заттың барлық мөлшерін алмастыру үшін тотықтырғыш ерітіндісінің аликвотасына KI титрленбеген ерітіндісінің белгілі артылған көлемін қосады, оған I₂ мөлшері эквивалентті болатын мыс (II) иондары жатады. Екінші сатыда пайда болған I₂-ні крахмал қатысуымен стандартты Na₂S₂O₃ ерітіндісінде күлгін түс жойылғанша титрлейді. Титрлеудің екінші сатысы мына реакцияға негізделген [60]:



Титрленген үлгі ақ жағал немесе күңгірт күлгін түске боялған. Ерітіндідегі мыс концентрациясын мына формула бойынша анықтайды:

$$C_{\text{Cu}} = \frac{\nu \cdot T \cdot 1000}{a}, \text{ г/л}, \quad (2.3)$$

мұнда a – өнімді ерітіндінің аликвоталық бөлігі, мл;

ν – титрлеуге жіберілген Na₂S₂O₃ ерітіндісінің көлемі;

T – мыс бойынша Na₂S₂O₃ ерітіндісінің титрі (T үшін 0,1 г-экв/л Na₂S₂O₃ 0,00635 г/л-ге тең);

Тәжірибелік деректерді өңдеу [13,14, 26-28]. Ұнтақ тәрізді заттардың еру кинетикасын анықтау кезінде негізгі қиындық ұнтақтәрізді массаның меншікті беті көлемінің өзгеру есебінен болады. Монодисперсті материал үшін (0,74-0,104 мм) еру уақыты аралығындағы үзілістер кезінде әрбір дәннің беттік көлемі өте аз ғана өзгеріске ұшырайды. Осыны ескере отырып, мысты күкіртқышқылды ерітінділермен шаймалаудың кинетикалық талдауы кинетикалық қисықтардың түзу аумақтарындағы ерудің бастапқы жылдамдығы үшін жүргізілді. Монодисперсті материалдың еру жағдайында оның меншікті беті мына заң бойынша өзгереді:

$$F = F_0 \left(\frac{m}{m_0} \right)^\beta, \beta=2/3, \quad (2.4)$$

мұнда F – τ уақыт аралығындағы қатты фазаның меншікті беттік үлесі, m^2/g ;

F_0 – ерігіш материалдың бастапқы беттік үлесі, m^2/g ;

m – τ уақыт аралығындағы қатты фаза массасы, g ;

m_0 – қатты фазаның бастапқы массасы, g .

Егер кенді материалдарды шаймалау кезіндегі меншікті беттік үлестің өзгеруі 2 пайыздан аспаса, онда кинетикалық қисықтардың бастапқы аумағындағы меншікті беттік үлесті тұрақты өлшем деп қабылдауға болады, ол шаймалау процесінің кинетикалық заңдылықтарын анықтауда Вант-Гофф әдісі мен Аррениус теңдеуін қолдануға мүмкіндік береді [13,14].

Еріткіш аса көп болған жағдайда біркелкі емес гетерогенді жүйелерге химиялық айналуы барысында шаймалаушы агенттің бастапқы концентрациясының өзгеруін елемеуге болады, сонда реакция ретін анықтау үшін $\lg W = f(\lg C_{\text{баст.}})$ функционалды тәуелділігін пайдалануға болады, мұнда $C_{\text{баст.}}$ – реагенттің бастапқы концентрациясы, моль/л [13,14].

Реакцияның жуықтама ретінің мәні (n) Вант-Гофф дифференциялық әдісі арқылы анықталды, бұл заңдылық бойынша мыстың шаймалану жылдамдығы реакцияның бастапқы жылдамдығының әсер етуші заттың концентрациясына (C) тәуелділігін сипаттайтын қисықтардың еңістігі бойынша табылды:

$$W = K \cdot F \cdot C_{\text{нач.}}^n \quad (2.5)$$

Бұл теңдеу өрнегін (2.5) логарифмдеген кезде келесі түрде жазылады:

$$\lg W = \lg K + \lg F + n \lg C. \quad (2.6)$$

Шаймалаудың кинетикалық қисықтарының бастапқы бөліктері үшін логарифмдік тәуелділік $\lg W_{\text{баст.}} = f(\lg C_{\text{баст.}})$ түзу сызық түрінде болуы қажет, мысты шаймалау процесі реакциясының жуықтама ретін деректердің компьютерлік өңдеу кезінде алынған тренд сызығы теңдеуіне сүйене отырып анықтауға болады.

Белсенділік энергиясын анықтау үшін E_A -ны термостатты жағдайда әр түрлі температурада жылдамдық тұрақтысын ($\lg K$) біле отырып анықтауға болатын графикалық әдіс қолданылды.

Белсенділік энергиясын анықтау үшін Аррениус теңдеуінің логарифмдік формасы қолданылды:

$$\lg K = \lg K_0 - \frac{E_A}{2,303 \cdot R \cdot T}, \quad (2.7)$$

мұнда, K_0 – экспоненция алдындағы көбейткіш (температураға тәуелді емес);

R – әмбебап газ тұрақтысы; $R = 8,314$ Дж/(К·моль);

K – берілген температурадағы жылдамдықтың жуықтама тұрақтысы, c^{-1} ;

E_A – белсенділік энергиясы, Дж.

Егер $\lg K$ кері температураға тәуелді болса, онда белсенділің энергиясын мына өрнекпен анықтауға болады (2.8):

$$\operatorname{tg} \alpha = -\frac{E_A}{2,303 \cdot R}, \quad (2.8)$$

$$\text{Мұнда } \operatorname{tg} \alpha = \frac{\lg K_2 - \lg K_1}{\left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}\right)}. \quad (2.9)$$

Белсенділік энергиясының өлшемі мен түрлі факторлардың шаймалау процесіне әсер ету белгілеріне қарап шаймалау процесі кинетикасының шектеуші облыстары [13, 14, 29] – диффузиялық, кинетикалық және аралас (диффузиялық-кинетикалық) түрлері туралы айтуға болады.

2.2.1 Куприттен мысты күкіртқышқылды шаймалаудың кинетикасы

Куприттен мысты шаймалау кезіндегі реакция ретін анықтау үшін де күкірт қышқылының 0,1-ден 1 моль/л-ге дейінгі аралығындағы бастапқы концентрациясының әсері зерттелді. Тәжірибенің әрқайсысының ұзақтығы 2 сағаттан кем емес болды.

Куприттен 25 °С және 60 °С температурада мысты шаймалаудан алынған тәжірибелік мәліметтер 1-кестеде (А қосымшасында келтірілген) және 3-суретте көрсетілген. 25 °С, 40, 50 және 60 °С температураларда барлығы 4 сериялы тәжірибе жүргізілді.

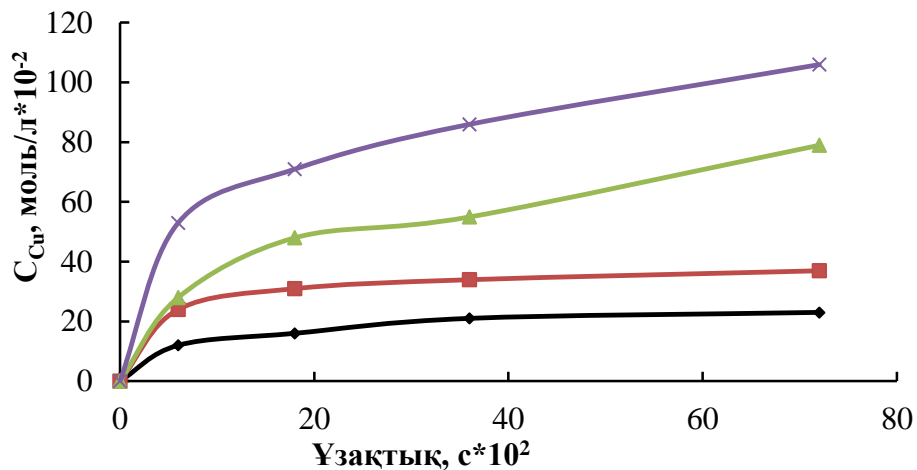
Байқап отырғандай, куприттен мысты шаймалау кезінде мыстың еру жылдамдығы уақыт өте азаяды, ал еріткіш бастапқы концентрациясы мен шаймалау температурасы куприттен мысты шаймалау жылдамдығына қаттырақ әсер етеді.

Мысты шаймалау жылдамдығы (W) сонымен бірге кинетикалық қисықтардың бастапқы бөліктеріндегі абциссалар осіне түзу сызықтарының көлбеу бұрышының тангенсі арқылы да есептеледі (3-сурет).

Шаймалау жылдамдығының есептелген өлшемдері (2-кесте) 4-суретте көрсетілгендей екі түрлі температураға байланысты логарифмдік тәуелділіктің

$IgW_{\text{баст.}}=f(IgC_{\text{баст.}})$ құрылу негізіне кіреді.

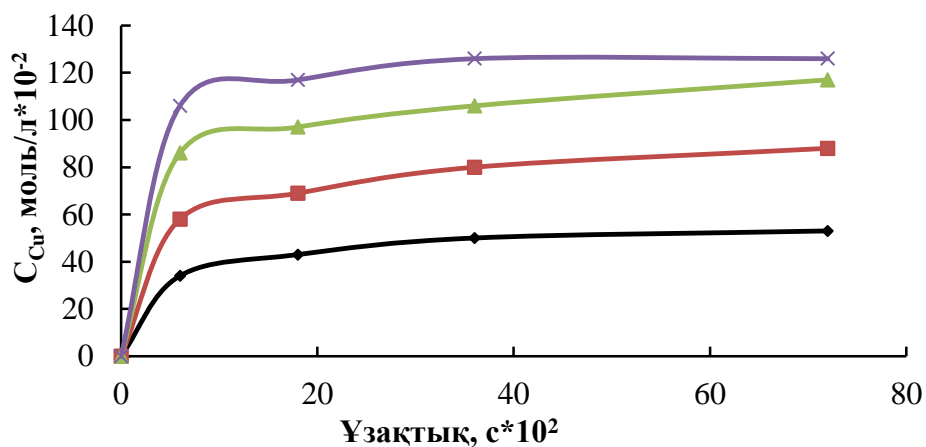
Мысты шаймалау процесі реакциясының жуықталған реті (n) $IgW_{\text{баст.}}= f(IgC_{\text{баст.}})$ (4-сурет) тәуелділігінің тренд сызығы теңдеуін басшылыққа ала отырып, Вант-Гофф дифференциалдық әдісі арқылы анықталды.



Күкірт қышқылы ерітіндісінің бастапқы...

—●— 0,1 моль/л —■— 0,25 моль/л —▲— 0,5 моль/л —×— 1 моль/л

а)



Күкірт қышқылы ерітіндісінің бастапқы...

—●— 0,1 моль/л —■— 0,25 моль/л —▲— 0,5 моль/л —×— 1 моль/л

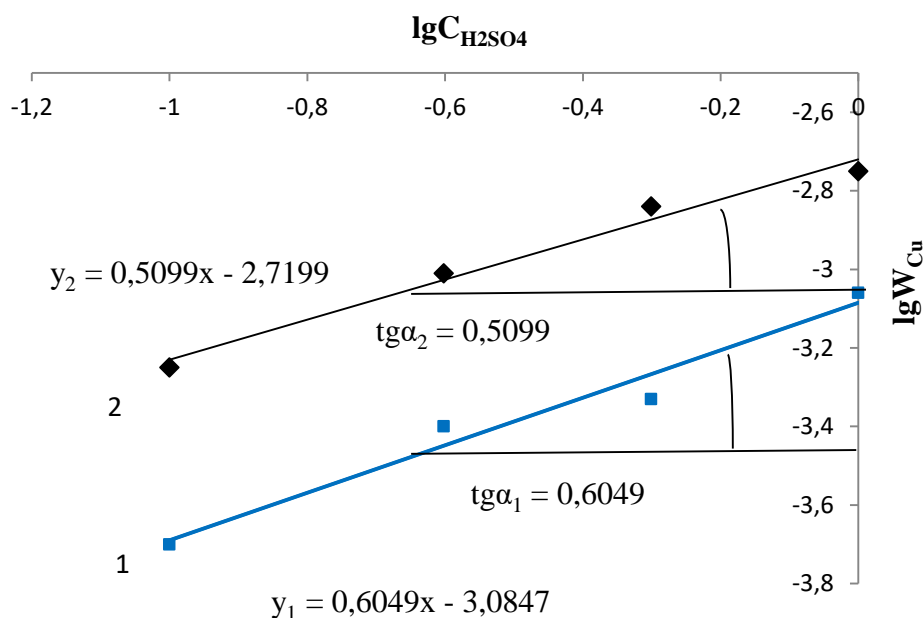
б)

Шаймалау температурасы: а – 25 °С; б – 60 °С

3 Сурет – Әр түрлі концентрациядағы күкірт қышқылы ерітіндісімен куприттен мысты шаймалаудың кинетикалық қисықтары

2 Кесте – Күкіртқышқылды ерітіндімен куприттен мысты шаймалау процесінің $\lg W_{\text{баст.}} = f(\lg C_{\text{баст.}})$ функция құрылымыны қажетті мәліметтер

$C_{\text{H}_2\text{SO}_4}$, МОЛЬ/Л	$\lg C_{\text{H}_2\text{SO}_4}$	ΔC_{Cu} , МОЛЬ/Л	Δt , с	W_{Cu} , МОЛЬ/(Л·С)	$\lg W_{\text{Cu}}$
Шаймалау температурасы – 25 °С					
0,10	-1,0000	0,12	600	$2,00 \cdot 10^{-4}$	-3,70
0,25	-0,6021	0,24	600	$4,00 \cdot 10^{-4}$	-3,40
0,50	-0,3010	0,28	600	$4,67 \cdot 10^{-4}$	-3,33
1,00	0,0000	0,53	600	$8,83 \cdot 10^{-4}$	-3,06
Шаймалау температурасы – 60 °С					
0,10	-1,0000	0,34	600	$5,67 \cdot 10^{-4}$	-3,25
0,25	-0,6021	0,58	600	$9,67 \cdot 10^{-4}$	-3,01
0,50	-0,3010	0,86	600	$14,33 \cdot 10^{-4}$	-2,84
1,00	0,0000	1,06	600	$17,67 \cdot 10^{-4}$	-2,75



Шаймалау температурасы: 1 – 25 °С; 2 – 60 °С

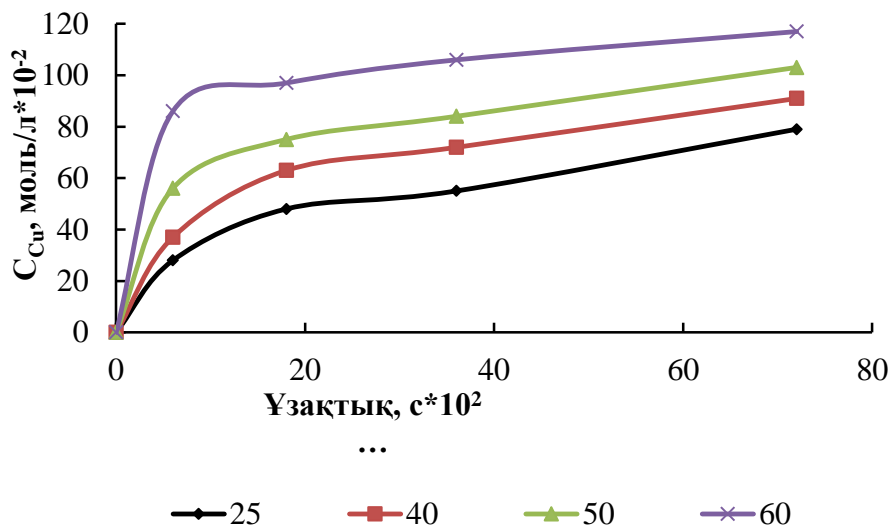
4 Сурет – Күкіртқышқылды ерітіндімен куприттен мысты шаймалау реакциясын ретін анықтау

Куприттен мысты шаймалау кезіндегі реакция ретінің мәндеріндегі температураға тәуелді айырмашылығын бөлме температурасында жүруі мүмкін емес сатылардың осы процессте жүру мүмкіндігіне байланысты шаймалау процесінің сатылығының өзгеруімен түсіндіріледі [8, 13, 14, 29]. Куприттен мысты шаймалау процесі үшін реакция ретінің орташа мәні мынаны құрайды:

$$n = (0,5099 + 0,6049) / 2 \sim 0,557.$$

Күкіртқышқылды ерітінді мен куприттің өзара байланыс реакциясының реті бөлшекті болып табылды, сондықтан мысты шаймалау процесі әр сатыдағы жылдамдығы әр түрлі болатын көпсатылы процесс болып табылады.

Куприттен мысты бөліп алу жылдамдығының жуықтама тұрақтыларын анықтау үшін куприттен мысты күкірт қышқылы (0,5 моль/л H_2SO_4) арқылы шаймалау жылдамдығына температураның әсері қарастырылды (5-суретте көрсетілген).



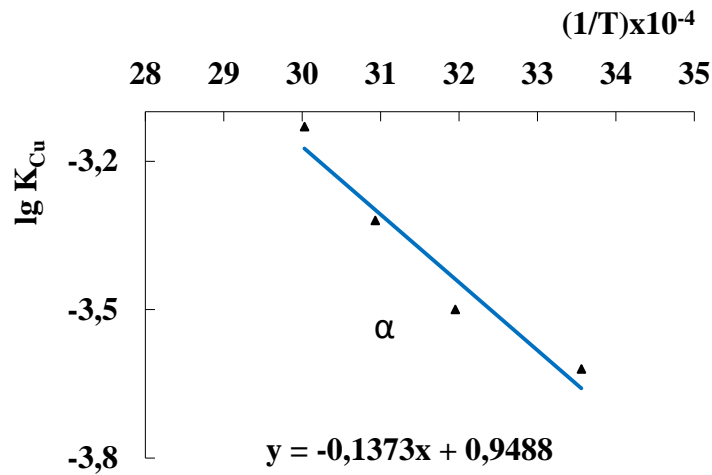
5 Сурет – Әр түрлі температурада күкірт қышқылының 0,5 моль/л концентрациясында куприттен мысты шаймалау процесінің кинетикалық қисықтары

Осы суреттердегі мәліметтер бойынша (5-сурет) реакцияның орта мәніне сәйкес және (2.5) өрнек бойынша, кинетикалық қисықтардың бастапқы (600 с дейін) тұзусызықты бөліктері үшін куприттен мысты күкіртқышқылды шаймалау процесінің (3-кесте) жылдамдықтары және жылдамдықтың жуықтама тұрақты мәндері есептелді.

3 Кесте – Әр түрлі температурада куприттен мысты күкірт қышқылы арқылы шаймалау процесі жылдамдығының жуықтама тұрақты мәндері

$(1/T) \cdot 10^{-4}$, град $^{-1}$	ΔC_{Cu} , моль/л	W_{Cu} , моль/(л \cdot с)	$\lg W_{Cu}$	K , с $^{-1}$	$\lg K$
33,56	0,28	$4,67 \cdot 10^{-4}$	-3,33	$2,39 \cdot 10^{-4}$	-3,62
31,95	0,37	$6,17 \cdot 10^{-4}$	-3,21	$3,15 \cdot 10^{-4}$	-3,50
30,96	0,56	$9,33 \cdot 10^{-4}$	-3,03	$4,77 \cdot 10^{-4}$	-3,32
30,03	0,86	$14,33 \cdot 10^{-4}$	-2,84	$7,33 \cdot 10^{-4}$	-3,13

3-кестедегі мәндерді, графикалық әдісті және Аррениус теңдеуін қолдана отырып белсенділік энергиясын анықтаймыз (6-сурет).



6 Сурет – Куприттен мысты күкірт қышқылы арқылы шаймалау процесінің белсенділік энергиясын анықтау

$\lg K$ қайтарымды температураға тәуелді, сол себепті белсенділік энергиясын (2.5) өрнекпен, ал көлбеу бұрыштың тангенсін келесі түрде есептеуге болады:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{3,62 - 3,13}{\left(\frac{1}{298} - \frac{1}{333} \right)} = 1388;$$

$$E_A = 2,303 \cdot 8,314 \cdot 1388 = 26578,19 \text{ Дж/моль} \sim 26,58 \text{ (кДж/моль)}.$$

Графикалық әдіспен тәуелділікті компьютерлік өндегенде алынған көлбеу бұрышы тангенсі және куприттен мысты шаймалау процесінің белсенділік энергиясы сәйкесінше тең:

$$\operatorname{tg} \alpha = 0,1373 \cdot 10^4 = 1373;$$

$$E_A = 2,303 \cdot 8,314 \cdot 1373 = 26289,03 \text{ Дж/моль} \sim 26,29 \text{ (кДж/моль)}.$$

Белсенділік энергиясының орта мәні құрайды:

$$E_{\text{Аорт}} = (26,58 + 26,29) / 2 = 26,435 \text{ (кДж/моль)}.$$

Әр түрлі әдістермен алынған белсенділік энергиясы мәнінің дисперсиясы белсенділік энергиясының орта мәніне ($E_A = 26,435$ кДж/моль) қатысты металлургиялық процесстердің мүмкін болатын 5 пайыз-на қарсы 0,55 пайызды құрайды, яғни бұл әдістер жұмыста қолдануға сай болып табылады.

Алынған белсенділік энепгиясының мәні куприттен мысты

күкіртқышқылы арқылы алу прецсінің диффузиялық факторлардың басымдылығымен аралас аумақта өтетенін айғақтайды, ал кинетика теңдеуін мына түрде көрсетуге болады:

$$W = K_0 \cdot e^{\frac{-26,435}{RT}} \cdot C^{0,557} \cdot F_0 \cdot \left(\frac{m}{m_0}\right)^{\frac{2}{3}}. \quad (2.10)$$

Осылай, куприттен мысты шаймалауды қарқынды араластыру арқылы, бастапқы материалды жеткілікті майдалау арқылы, күкірт қышқылының 0,5 моль/л-ден кем емес концентрациясында және 60 °С-тан төмен емес температурада жүргізу қажет.

2.2.2 Бозшакөл кенорны кенінен мысты күкіртқышқылды шаймалаудың кинетикасы

Бозшакөл кенорнының күйдірілген кенін концентарциясы 0,5 моль/л күкірт қышқылы ерітіндісінде 60 °С температурада 3 сағат бойы шаймалау процесіне қарқынды араластырудың әсерін зерттеу кезінде араластырудың жылдамдығы 700 айн/минутқа дейінгі үлкен мәнге ие болатыны анықталды, осы жылдамдықта сулы ерітіндіге 77,3 пайыз мыстың бөлініп шыққаны байқалды. Жылдамдықты одан ары қарай жоғарылату іс жүзінде ешқандай нәтиже көрсеткен жоқ (4-кесте).

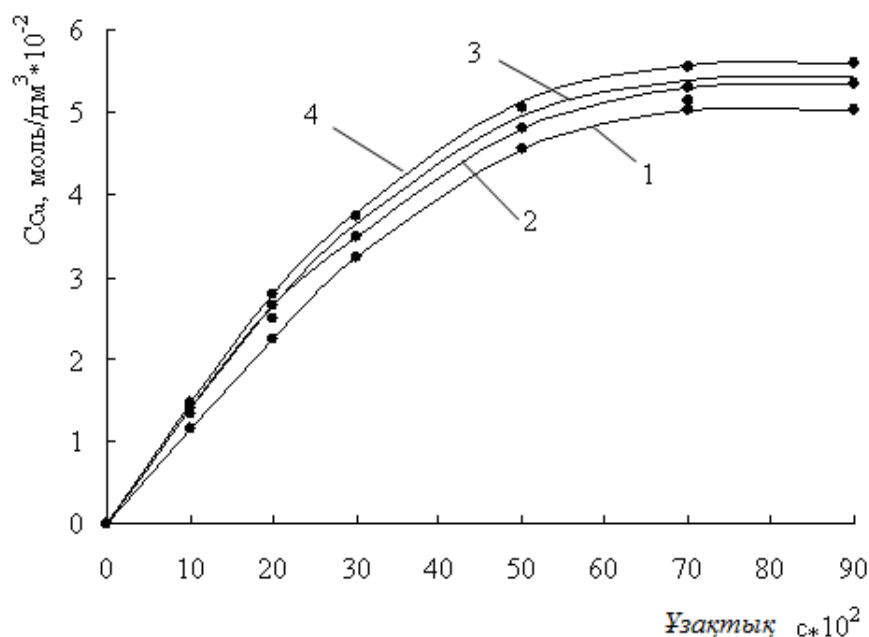
4 Кесте – Бозшакөл кенорны шикізатынан күкіртқышқылды ерітінді арқылы шаймалау кезінде мысты бөліп алуға қарқынды араластырудың әсері

t, °С	Қ:С	τ, сағ	Кеннің ірілігі, мкм	V, айн./мин	Мыстың бөлінуі, пайыз
60	8:1	3	400	100	17,3
60	8:1	3	400	250	30,7
60	8:1	3	400	400	62,8
60	8:1	3	400	500	75,6
60	8:1	3	400	700	77,3
60	8:1	3	400	900	77,5

Газды адсорбциялау әдісі арқылы анықталатын кеннің бастапқы меншікті беттік үлесі 3,04 м²/г-ға тең болды, 30·10² с кейін кеннің меншікті беттік үлесі 2,95 м²/г (m₀ = 30,12 г; m = 28,76 г) болды, яғни меншікті беттік үлестің өзгеруі 3 пайызды құрады, сондықтан F мәнін кинетикалық қисықтардың бастапқы

бөліктерінде тұрақты өлшем ретінде қабылдауға болады, ол шаймалау процесінің кинетикалық заңдылықтарын анықтау үшін Вант-Гофф графикалық әдісін және Аррениус теңдеуін қолдануға мүмкіндік береді.

7-суретте мыстың еруі жылдамдығына қышқылдың бастапқы концентрациясының әсерін сипаттайтын кинетикалық қисықтар бейнеленген. Қисықтардың сипаты металлдардың еру жылдамдығы уақыт өте азаятынынғы, ал еріткіштің бастапқы концентрациясының оған айтарлықтай әсер етпейтінін көрсетеді.



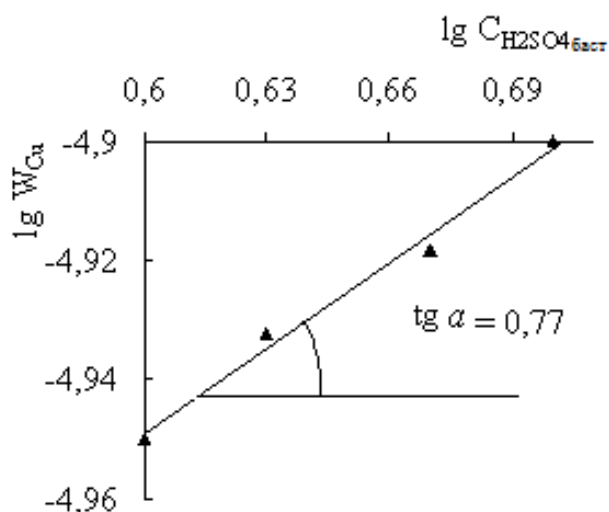
Күкірт қышқылы концентрациясы, моль/дм³: 1 – 0,1; 2 – 0,25; 3 – 0,5; 4 – 1,0
7 Сурет – Бозшакөл кенорны кенінен мысты күкір қышқылы арқылы ерітудің кинетикалық қисықтары

Кинетиалық қисықтардың бастапқы бөліктеріндегі логарифмдік тәуелділік $\lg W_{\text{баст.}} = f(\lg C_{\text{баст.}})$ түзу сызық түрінде болады (8-сурет), сондықтан мыс үшін реакцияның жуықтама реті мына теңдеу арқылы анықталады:

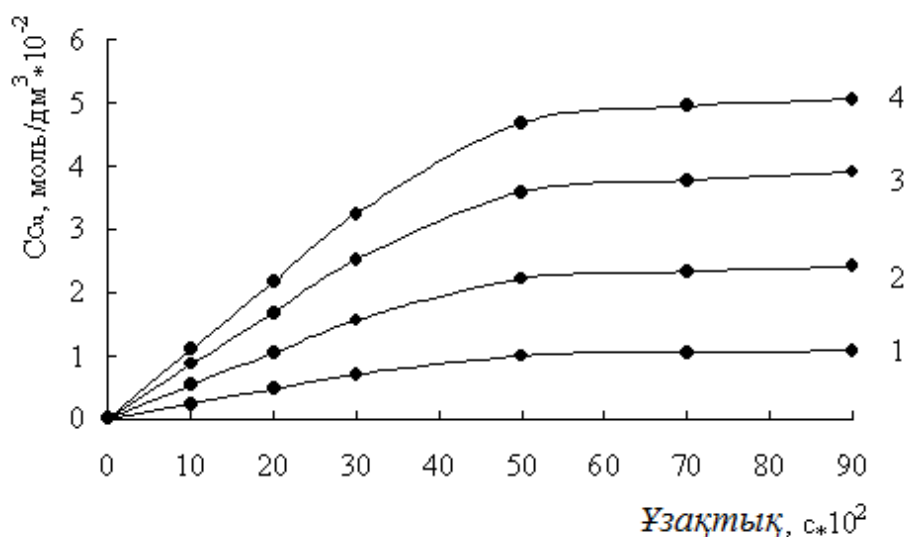
$$n = \text{tg} \alpha = \frac{-4,928 - (-4,952)}{0,633 - 0,602} = 0,77.$$

Бозшакөл кенорнындағы кеннен мысты шаймалау кезіндегі мыстың күкірт қышқылымен өзара байланыс реакциясының реті де бөлшектік болып табылды.

Ұнтақтәрізді мысқұрамды кеннен мысты ерітіп алу жылдамдығының жуықтама тұрақты мәнін табу үшін 9-суретте көрсетілген мыстың еру жылдамдығына температураның әсері анықталды.



8 Сурет – Бозшакөл кенорнының кенінен мысты ерітіп алу жылдамдығының күкіртқышқы ерітінді концентрациясына логарифмдік тәуелділігі



Шаймалау температурасы, К: 1 – 298; 2 – 313; 3 – 333; 4 – 353

9 Сурет – $C_{H_2SO_4 \text{ нач.}} = 5$ моль/л кезінде Бозшакөл кенорны кенінен күкіртқышқылды ерітінді арқылы температураға байланысты мысты ерітудің кинетикалық қисықтары

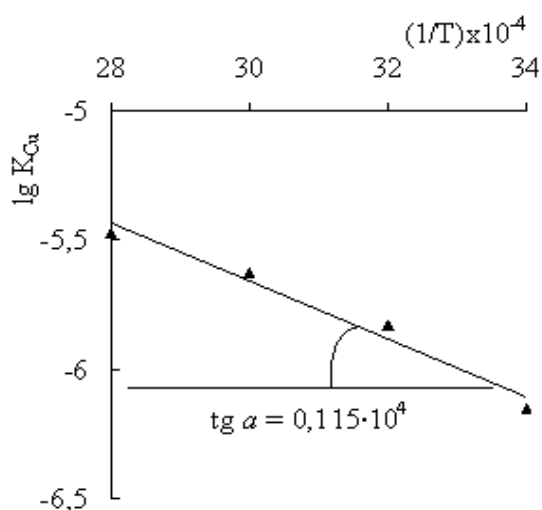
Графикалық мәліметтер бойынша, реакция ретінің мәндері және (2.5)-өрнекке сәйкес ұнтақтәрізді мысқұрамды кеннен мысты еріту жылдамдығының жуықтама тұрақты мәндері есептелді (5-кесте).

Кинетикалық қисықтардың бастапқы ($\tau = 30 \cdot 10^2$ с дейін) түзусызықты бөлшектері үшін әр түрлі температурада мыстың еру жылдамдықтары мен жуықтама тұрақты мәндері есептеліп шығарылды.

5 Кесте – Бозшакөл кенорны кенінен әр түрлі температурада мысты еріту жылдамдығының тұрақты жуықтама мәндері

Мысты шаймалау жылдамдығының тұрақты мәндері	$1/T \cdot 10^{-4}, 1/K$			
		33,51	31,92	30,04
$K \cdot 10^{-6}, c^{-1}$	0,681	1,513	2,432	3,195
$\lg K$	-6,172	-5,821	-5,616	-5,502

Белсенділік энергиясын анықтау үшін графикалық әдіс қолданылды, оған сәйкес термостатты жағдайда әр түрлі температураларда (төрттен аз емес) жылдамдық тұрақтыларын ($\lg K$) біле отырып E_A -ны анықтауға болады. 5-кесте мәліметтері бойынша Аррениус функциялары құрылды (10-сурет), сол арқылы белсенділік энергиясы да табылды.



10 Сурет – Бозшакөл кенорны кенінен мысты шаймалау жылдамдығының тұрақты мәндері логарифмінің қайтымды температураға тәуелділігі

Осылай, Бозшакөл кенорны кенінен мысты шаймалау процесінің белсенділік энергиясы мен көлбеу бұрыш тангенсі былай анықталады:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{-5,48 - (-6,17)}{(34 - 28) \cdot 10^{-4}} = 0,1152 \cdot 10^4,$$

$$E_{A_{Cu}} = 2,303 \cdot 8,314 \cdot 0,1152 \cdot 10^4 \sim 22,02 \text{ (кДж/моль)}.$$

K_0 мына теңдеу арқылы есептелді:

$$\lg K_0 = \lg K + \frac{E_A}{2,303 \cdot R \cdot T}, \quad K_0 = 6,02595 \cdot 10^{-3}.$$

Анықталған белсенділік энергиясының мәні (E_{ACu}) ұнтақтәрізді кеннен мыстың еру процесінің диффузиялық фактор басым болатын аралас аумақта өтетінін дәлелдейді, ал кинетика теңдеуін (процесстің бастапқы сатысы мен монодисперсті материал жағдайы үшін) мына түрде жазуға болады:

$$W = 6,03 \cdot 10^{-3} \cdot e^{\frac{-22,02}{RT}} \cdot C^{0,77} \cdot F_0 \cdot \left(\frac{m}{m_0} \right)^{\frac{2}{3}}, \quad (2.11)$$

Осылай, Бозшакөл кенорнының күйдірілген кенінен мысты шаймалауды қарқынды араластырумен, бастапқы материалдың ұсақталуы мен жоғары температурада өткізілуі қажет.

3 Жұмыстың экономикалық тиімділігін есептеу

3.1 Өзіндік құнының өзгеру есебі [30, 31]

Кендік шикізаттан мысты шаймалау процесінің кинетикасын зерттеу белгіленген металды бөліп алудың жоғарылауына алып келеді, сондықтан өзіндік құнының төмендеуі мына формула бойынша анықталады:

$$U = 3 \cdot \frac{(E_1 - E_2)}{E_1}, \quad (3.1)$$

мұнда 3 – зерттеуге кеткен шығын;

E_1 – мысты бөлудің әдебиеттік мәліметтер бойынша орташа деңгейі, пайыз; $E_1 = 87,5$;

E_2 – мысты бөлудің тәжірибелік мәліметтер бойынша орташа деңгейі, пайыз; $E_2 = 93,67$.

$$U = 354234 \cdot \frac{93,67 - 87,5}{93,67} = 23333 \text{ теңге.}$$

3.2 Зерттеу жұмысының экономикалық тиімділігін есептеу

Зерттеу жұмысына қажет қорды есептеу [30, 31]. (A) қоры келесі формула бойынша есептеледі:

$$A = C_{\text{п}} \cdot I_0 \cdot 0,33, \quad (3.2)$$

мұнда $C_{\text{п}}$ – жабдықтың 0,33-ке көбейтілген бастапқы бағасы;

I_0 – 1,082-тең деп қабылданатын индексация.

Сонымен 2 айлық қор жиынтығы мынаны құрайды:

$$A = 124000 \cdot 1,082 \cdot 0,33 = 44275,4 \text{ теңге.}$$

Сонда бірінші жылдың қор жиынтығыу (A_1) мына формула бойынша анықтаймыз:

$$A_1 = C_{\text{п}} \cdot 0,33 \cdot I_0 \cdot (1 + e)^1, \quad (3.3)$$

мұнда e – тиімділік коэффициенті, 0,1-ге тең:

$$A_1 = 124000 \cdot 0,33 \cdot 1,082 \cdot (1 + 0,1)^1 = 48702,98 \text{ теңге.}$$

Екінші жылдың қор жиынтығы төмендегі формуламен есептеледі:

$$A_2 = C_n \cdot 0,33 \cdot I_0 \cdot (1 + e)^2; \quad (3.4)$$

$$A_2 = 1240000 \cdot 0,33 \cdot 1,082 \cdot (1 + 0,1)^2 = 53573,28 \text{ теңге.}$$

(B) жобасының бағасы мына формуламен табылады:

$$B = Z + A. \quad (3.5)$$

Нәтижесінде жобаның бағасы мынаны құрайды:

$$B = 354234 + 44275,4 = 398509,4 \text{ теңге.}$$

Сонда бірінші жылдағы жобаның бағасы:

$$B_1 = 354234 + 48702,98 = 402936,98 \text{ теңге.}$$

Екінші жылдағы жоба бағасы мынаған тең:

$$B_2 = 354234 + 53573,28 = 407807,28 \text{ теңге.}$$

Зерттеудің табысы мен экономикалық тиімділігін есептеу. Табыс тым болмағанда 10пайыз болуы үшін экономикалық тиімділік былай болуы қажет:

$$\Delta_0 = (Z + A) \cdot 0,1 \quad (3.6)$$

$$\Delta_0 = (354234 + 44275,4) \cdot 0,1 = 39850,94 \text{ теңге.}$$

Зерттеу жұмысы екі ай бойы жүргізілгендіктен экономикалық тиімділік осы уақыт бойынша мынаған тең болады:

$$\Delta_1 = [Z + C_n \cdot I_0 \cdot 0,33 \cdot (1 + e)^1] \cdot 0,1 \cdot \frac{2}{12}, \quad (3.7)$$

$$\Delta_1 = [354234 + 124000 \cdot 0,33 \cdot 1,082 \cdot (1 + 0,1)^1] \cdot 0,1 \cdot \frac{2}{12} = 8058,7 \text{ теңге.}$$

Ғылыми-зерттеу жұмысының табысы 10пайыз болған жағдайда бірінші жылдың нәтижесі бойынша экономикалық тиімділік мынаны құрайды:

$$354234 + 8058,7 = 362292,7 \text{ теңге.}$$

Екінші жылдың экономикалық тиімділігі 10 пайыздық табыс жағдайында

мына формуламен анықталады:

$$\mathcal{E}_2 = [3 + C_{\text{п}} \cdot I_o \cdot 0,33 \cdot (1 + e)^2] \cdot 0,1 \cdot \frac{2}{12}, \quad (3.8)$$

$$\mathcal{E}_2 = [354234 + 124000 \cdot 0,33 \cdot 1,082 \cdot (1 + 0,1)^2] \cdot 0,1 \cdot \frac{2}{12} = 8156,15 \text{ теңге.}$$

Екінші жыл үшін ғылыми-зерттеу жұмысының экономикалық тиімділігі:

$$354234 + 8156,15 = 362390,15 \text{ теңге.}$$

Бір өнім бойынша жобаның өтімділігін мына формула бойынша есептеледі:

$$T = \frac{K}{U}, \quad (3.9)$$

Мұнда K – біржолғы шығындар;

U – өзіндік құнының өзгеруі.

$$T = 124000 / 23333 = 5,3 \text{ жыл.}$$

Нәтижесінде жобаның өзін ақтау уақыты 5,3 жылды құрайды.

4 Қауіпсіздік және еңбек қорғау

4.1 Жалпы сипаттама

Берілген жұмысты жүргізу кезінде техника қауіпсіздігін бұзылғанда, өндірістік жарақатталуы мүмкін, атап айтқанда:

– жөнделмеген электрқұралмен жұмыс істегенде электр тоғынан зақымдалу, сонымен қатар құрылғыға химиялық активті ортаның әсерлесу кезінде зақым алу;

– қышқыл, сілті ерітінділерімен, сонымен қатар, органикалық қосылыстармен жұмыс істегенде.

Жағымсыз факторлар:

– қышқыл және сілтілі ерітіндімен дұрыс жұмыс істемеген кезде химиялық күйік және тыныс алу жолында күйік алуы мүмкін;

– химиялық реагенттермен улану, сонымен қатар қорғасын қосылыстарымен;

– пешпен және ыстық үлгілермен жұмыс істеу кезінде, электржабдықтардың ақаулығы және қысқа тұйықталу болған кезде өрттің пайда болу мүмкіндігі.

Еңбек шарттарының талдалу потенциалды қауіп-қатер және зияндықты айқындау үшін жүргізіледі. Еңбек шарттарының қанағаттанарлықсыз салдарынан өндірістік жарақаттану, кәсіби ауру және апаттарға шалуға болады.

Өндірістік қауіп-қатерлер және зияндықтар жасалады:

– электр тоғымен;

– қыздырылған жабдықтар және материалдармен;

– ауаның зиянды заттармен ластануымен;

– тұтанғыш және жарылыс қаупі бар заттармен.

Еңбек шарттарын тексеру және бағалау үшін зерттеулердің және сынақтаудың техникалық әдістері қолданылады. Мысалы, ауадағы жағымсыз қоспаларды анықтауға әр түрлі анализаторлар, температураның өзгеруімен, дымқылдықпен, ауаның қозғалыс жылдамдығының өзгерісімен көмегімен болады. Еңбек шарттарының жан-жақты талдауы, кәсіпорындар және лабораториялардың тиімді құрылымы бойынша, жабдық құрастырымы және технологиялық процестерге сипаттама және еңбек ұйымы, жарақаттанушылықтың пайда болуын және ауруларды шығаратыны бойынша ұсыныс жасауға мүмкіндік береді [32].

4.2 Желдеткіш тартпалы шкафты есептеу

Тартқыш шкафтың өлшемдері: ұзындығы $L = 1,8$ м; ені $b = 0,9$ м; биіктігі $h = 2$ м.

Тартқыш шкафтағы жұмыс қуысының ауданы:

$$F_{\text{тес.}} = b_1 \cdot h_1, \quad (4.1)$$

$$F_{\text{тес.}} = 0,6 \cdot 0,3 = 1,8 \text{ м}^2$$

мұндағы b_1 – жұмыс қуысының ені;

h_1 – ашық қуыстың максималды жіберілетін биіктігі.

Шкафтан сорылып шығарылатын ауа көлемі:

$$V_{\text{сор.}} = 3600 \cdot F_{\text{отв}} \cdot \omega \quad (4.2)$$

мұндағы ω – шкафтағы жұмыс қуысындағы ауаның жылдамдығы, м/с

$$V_{\text{сор.}} = 3600 \cdot 0,18 \cdot 1 = 648 \text{ м}^3/\text{сағ}$$

Төмендегі қысымды орталықтандырылған желдеткіштерді таңдаған жөн (13332,2 Па дейін) КПД 0,7-0,8 мен Ц4-70 тәріздес. Ауаның бөліну көлеміне байланысты нөмері, қозғалтқыш айналым саны, қуаттылығы бойынша сәйкес желдеткіш таңдайды [33].

Қозғалтқыш қуаты келесідей:

$$N = (V_{\text{сор.}} \cdot H) / (3600 \cdot 102 \cdot \eta_v \cdot \eta_{\text{п}}) \quad (4.3)$$

$$N = (V_{\text{сор.}} \cdot H) / (3600 \cdot 102 \cdot 0,7 \cdot 1) = 1,9 \text{ кВт}$$

мұндағы H – ауаның толық қысымы, Па;

η_v – желдеткіш КПД-сы, сипаттамасы бойынша қабылданатын;

$\eta_{\text{п}}$ – КПД өткізу.

Электроқозғалтқыштың белгіленген қуаты:

$$N_y = N \cdot K_3 \quad (4.4)$$

мұндағы N – қозғалтқыш қуаттылығы, кВт;

K_3 – желдеткіш қуаттылығының қорының коэффициенті

Онда электроқозғалтқыш қуаты келесідей:

$$N_y = 1,9 \cdot 1,2 = 2,38 \text{ кВт} \quad (4.5)$$

Тартқыш шкаф көлемі:

$$V_{\text{т.ш.}} = l \cdot b \cdot h, \quad (4.6)$$

$$V_{\text{т.ш.}} = 1,8 \cdot 0,9 \cdot 2 = 3,24 \text{ м}^3.$$

Ауаның сағатына алмасу бірлігі:

$$K = V_{\text{тш}} / V_{\text{сop}} \quad (4.7)$$

$$K = 756 / 3,8 = 200$$

мұндағы K – есепті алмасу бірлігі зиянды заттың екінші тобына сәйкес келеді [34].

ҚОРЫТЫНДЫ

Дипломдық жұмыстың орындалу нәтижесінде барлық қойылған тапсырмалар орындалды, жұмыстың тақырыпқа сай мақсатына қол жеткізілді. Алынған нәтижелерге сәйкес келесі қорытындылар жасалды:

- мыстың физико-химиялық қасиеттері мен оның қосындылары мысқұрамды шикізатты өңдеудің негізгі әдістері мен қолдану аумағын анықтайды;

- кенді шикізатты өңдеудің пирометаллургиялық әдісі өте кең таралған, гидрometаллургиялық әдіс мысқұрамды шикізаттың сапасының нашарлауы мен минералдық құрамының көптеген қиындығына байланысты соңғы кездері үлкен танымалдылыққа ие бола бастады;

- шаймалау процесін жүзеге асыру үшін шоғырлы, шанды (күбілі), автоклавты, перколяциялық, жерасты және ұңғымалық шаймалау түрлерін қолданады, белгілі бір әдісті тандау ең бірінші кендегі мыстың мөлшеріне, кендік шикізаттың түріне, климаттық жағдайға және су ресурстарының қолжетімділігіне байланысты болады;

- шаймалау гетерогенді процесс болып табылады, сондықтан процесстің кинетикасы диффузиялық факторлар, сонымен бірге кинетикалық факторлар арқылы анықталады;

- шаймалау процесінің диффузиялық немесе кинетикалық режимде өту сипаттары бар;

- Бозшакөл кенорны кенінің физико-химиялық талдауы жасалды. Талдау бойынша, кендегі мыстың сульфидты және тотыққан минерал түрінде болатыны, сонымен қатар кен құрамында шаймалау процесі нәтижесіне әсер етеуі мүмкін атакамиттің - $\text{CuCl}_2 \cdot 3\text{Cu}(\text{OH})_2$ айтарлықтай мөлшері болатыны анықталды.

- шаймалау процесі ішкі диффузиялық факторлар басым болған жағдайда диффузиялық-кинетикалық режимде немесе кинетикалық фактор әсері өте аз болғанда ішкі диффузиялық режимде өтетіні табылған белсенділік энергиясы мәнімен (11-27кДЖ-моль) айғақталды.

- кенді шикізатты шаймалау процесі – бөлшекті (0,265-0,77), ол шаймалау процесінің көпсатылы екенін, әр сатыда реакцияның белгілі бір реті және өзіндік жылдамдығы бар екенін дәлелдейді;

- Бозшакөл кенорны кенінің белсенділік энергиясының өлшемі мен реакция реті: $E_A = 22,02$ кДж/моль, $n = 0,77$;

- табыс 10 пайыз болған жағдайда экономикалық тиімділік бірінші жыл үшін 362292,2 теңге, ал екінші жыл қорытындысы бойынша 362390,15 теңгені құрайды;

- осындай жағдайларда өткен ғылыми-зерттеу жұмысы шығынының өтелуі 5,3 жылды құрайды.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Послание Президента Республики Казахстан – Лидера нации Н.А. Назарбаева народу Казахстана «Казахстанский путь – 2050: Единая цель, единые интересы, единое будущее» // Казахстанская правда. – 17.01.2014. – №334.
- 2 Справочник месторождений Казахстана. // Электронная версия на сайте <http://geology.gov.kz/ru/informatsiya/spravochnik-mestorozhdenij-kazakhstana>
- 3 Цветная металлургия Республики Казахстан. // Электронная версия на сайте <http://www.nomad.su/?a=4-200803270432>
- 4 Минерально-сырьевая база Республики Казахстан. // Электронная версия на сайте <http://www.refsr.ru/referat-10587-2.html>
- 5 Сырьевая база свинца, цинка, меди и золота Казахстана. – Алматы: Ғылым, 2002. – 102 с.
- 6 Подчайнова В.Н. Медь. – М.-Свердловск: Металлургия, 1991. – 249 с.
- 7 Карякин Ю.В., Ангелов И.И. Чистые химические вещества. – М.: Химия, 1974. – 328 с.
- 8 Вольдман Г.М., Зеликман А.Н., Теория гидрометаллургических процессов. – М.: Интернет Инжиниринг, 2003. – 462 с.
- 9 Лотош В.Е. Технологии основных производств в природопользовании – Екатеринбург: Полиграфист, 2001.
- 10 Муканов Д. Металлургия Казахстана: состояние, инновационный потенциал, тренд развития. – Алматы: Ғылым, 2005. – Т. 5. – 290 с.
- 11 Кенжалиев Б.К. Гидрометаллургический метод переработки упорного сырья – шаг в будущее металлургии. // Доклады НН РК. Серия химическая. – 2009. – № 2. – С. 95-100.
- 12 Кучное выщелачивание меди на Коунрадском руднике. // Электронная версия на сайте <http://cyberleninka.ru/article/n/kuchnoe-vyschelachivanie-medi-na-kounradskom-rudnike>
- 13 Оспанов Х.К. Кинетика гомогенных и гетерогенных химических процессов. – Алматы: КазНУ, 1997. – 195 с.
- 14 Оспанов Х.К. Физико-химические основы избирательного растворения минералов. – М.: Недра, 1993. – 175 с.
- 15 Набойченко С.С., Цогтхангай Д. Гидротермальная переработка халькозинового концентрата с использованием автоклавного окислительного выщелачивания // Известия вузов. Цветная металлургия. – 1983. – № 1. – С. 55-58.
- 16 Миронов В.Е. и др. Аммиачная гидрометаллургия. – Новосибирск: Наука, 2001.
- 17 Томина В.Н., Хренников А.А., Лебедь А.Б., Набойченко С.С. Кучное выщелачивание меди из руды месторождения «Волковское». // Известия ВУЗов. Цветная металлургия.– 2010. – №4. – С. 3-6.
- 18 Кунаев А.М., Бейсембаев Б.Б., Каражанов Н.А., Кенжалиев Б.К. и др. К вопросу о кинетике растворимости медных минералов в условиях подземного и кучного выщелачивания. – Алма-Ата: Наука, 1981.

19 Кенжалиев Б.К. Кучное выщелачивание меди и забалансовых руд Актогайского месторождения. – Алматы: Ғылым, 1983.

20 Халезов Б.Д., Шурыгин Ю.А. и другие. Выщелачивание меди из руд Жезказганского месторождения. – Алма-Ата: Наука, 1976.

21 Медведев А.С., Ту Со, Птицын А.М. Комбинированная технология переработки удоканского сульфидного медного концентрата. // Известия ВУЗов. Цветная металлургия.– 2012. – №2. – С. 17-20.

22 Дьяченко А.Н., Крайденко Р.И. Переработка оксидно-сульфидных медных руд с помощью хлорида аммония. // Известия ВУЗов. Цветная металлургия.– 2010. – №5. – С. 3-6.

23 Набойченко С.С., Доржпуров М. Автоклавное сернокислотное выщелачивание халькозинового концентрата месторождения Эрденет // Изв. вузов. Цветная металлургия. – 1982. – № 6. – С. 29-31.

24 Сұлтанбаева А.Б., Акпанбаев Р.С., Усольцева Г.А., Баймаханова С. Влияние технологических параметров на выщелачивание меди из сульфидных концентратов. / Труды Международной научно-практической конференции «Подготовка инженерных кадров в контексте глобальных вызовов XXI века» – Т.2.– 12 апреля 2013 г. – Алматы: КазНТУ, 2013. – С. 454-457.

25 Лисовский Г.Д., Лобанов Д.П., Назаркин В.П. и др. Кучное и подземное выщелачивание металлов. /Под ред. С.Н. Волощука. – М.: Недра, 1982. – 113 с.

26 Цогтхангай Д., Мамяченков С.В., Анисимова О.С., Набойченко С.С. Кинетические закономерности выщелачивания медных концентратов азотной кислотой. // Известия ВУЗов. Цветная металлургия. – 2011. – №6. – С. 8-12.

27 Кунаев А.М., Бейсембаев Б.Б., Каражанов Н.А., Кенжалиев Б.К. и др. К вопросу о кинетике растворимости медных минералов в условиях подземного и кучного выщелачивания. – Алма-Ата: Наука, 1981.

28 Усольцева Г.А., Сарсенова М.С., Байконурова А.О., Баймаханова С. Кинетика сернокислотного выщелачивания медьсодержащей руды Приорского месторождения. // Вестник НАН РК. – 2015. – № 2. – С. 87-93.

29 Оспанов Х.К. Термодинамика и кинетика гетерогенных процессов. / Учебное пособие. – Алма-Ата: КазГУ, 1990. – 156 с.

30 Шокобаев Т. Д. Дипломное проектирование. / Методические указания по экономическому обоснованию дипломных проектов. – Алматы: КазНТУ, 1996. – С. 1-25.

31 Шокобаев Т. Д. Повышение эффективности микроэкономики цветной металлургии. / Учебное пособие. – Алматы: РИК, 1993. – 46-57 с.

32 Макаров Г.В. Охрана труда в химической промышленности. – М.: Химия, 1977. –56 с.

33 Лебедева К.В. Охрана труда и техника безопасности на производстве. – М.: Наука, 1968. – 307 с.

34 ГОСТ ССБТ 12.1.012-90 (1996) Вибрационная безопасность. Общие требования.

А қосымшасы

А.1 Кесте – Шаймалау кезінде куприттен Cu_2O мыстың бөлінуіне күкіртқышқылды ерітіндінің бастапқы концентрациясының әсері

τ, с	C _{Cu}		E, пайыз	τ, с	C _{Cu}		E, пайыз
	г/л	моль/л			г/л	моль/л	
Шаймалау температурасы – 25 °С							
C _{H₂SO₄} = 0,1 моль/л				C _{H₂SO₄} = 0,25 моль/л			
600	7,62	0,12	9,53	600	15,24	0,24	19,08
1800	10,16	0,16	12,72	1800	19,69	0,31	24,65
3600	13,34	0,21	16,70	3600	21,84	0,34	27,34
7200	14,86	0,23	18,60	7200	23,62	0,37	29,57
C _{H₂SO₄} = 0,5 моль/л				C _{H₂SO₄} = 1,0 моль/л			
600	17,9	0,28	22,41	600	33,81	0,53	42,33
1800	30,4	0,48	38,06	1800	45,11	0,71	56,48
3600	34,8	0,55	43,57	3600	54,58	0,86	68,34
7200	50,5	0,79	63,23	7200	67,57	1,06	82,10
Шаймалау температурасы – 60°С							
C _{H₂SO₄} = 0,1 моль/л				C _{H₂SO₄} = 0,25 моль/л			
600	21,9	0,34	27,42	600	36,8	0,58	46,07
1800	27,6	0,43	34,55	1800	43,5	0,69	54,46
3600	31,8	0,50	39,81	3600	50,5	0,80	63,23
7200	33,7	0,53	42,19	7200	55,6	0,88	69,61
C _{H₂SO₄} = 0,5 моль/л				C _{H₂SO₄} = 1,0 моль/л			
600	54,3	0,86	67,98	600	67,6	1,06	84,62
1800	61,9	0,97	77,50	1800	74,1	1,17	92,80
3600	67,6	1,06	84,64	3600	79,3	1,25	99,25
7200	74,6	1,17	93,40	7200	79,8	1,26	99,87