

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И.Сәтпаев атындағы қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ө.А. Байқоңыров атындағы Тау-кен металлургия институты

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

Темірғали Іңкәр Айбекқызы

Асбест өндірісі қалдықтарының құрамынан никельді шаймалау процесіне иондық ерітінділердің әсерін зерттеу

МАГИСТЕРЛІК ДИССЕРТАЦИЯ

7M07204 – Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту

Алматы 2022

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ө.А. Байқоңыров атындағы Тау-кен металлургия институты
Металлургиялық процестер, жылу техникасы және арнайы материалдар
технологиясы кафедрасы

ӘОЖ 669.295 (043)

Қолжазба құқығында

Темірғали Іңкәр Айбекқызы

Магистр академиялық дәрежесін алу үшін дайындалған

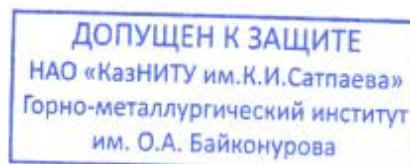
МАГИСТРЛІК ДИССЕРТАЦИЯ

Диссертация атауы Асбест өндірісі қалдықтарының құрамынан никельді шаймалау процесіне иондық ерітінділердің әсерін зерттеу

Дайындау бағыты 7М07204 – «Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту»

Ғылыми жетекші,
қауым.профессор,
PhD

О.Б.С. Байгенженов О.С.
« 06 » маусым 2022 ж.



Пікір беруші,
PhD доктор

С.Байт. Сурымбаев Б.Н.
« _____ » _____ 2022 ж.

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

Норма бақылаушы,
т.ғ.к., сениор-лектор

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

МПЖ және АМТ кафедра
менгерушісі PhD докторы,
т.ғ.к., қауымдас. профессор
Т.А. Чепуштанова Т.А.
« 07 » маусым 2022 ж.

Алматы 2022

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ө.А. Байқоңыров атындағы Тау-кен металлургия институты

Металлургиялық процестер жылу техникасы және арнайы материалдар технологиясы кафедрасы

7M07204 – «Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту»

БЕКІТЕМІН

МГЖ және АМТ кафедра

менгерушісі PhD докторы,

Т. Ғ. Қ. Қауымдас профессор

Чепуштанова Т.А.

« 02 » сәуірі 2021 ж.

**Магистрлік диссертация орындауға
ТАПСЫРМА**

Магистрант Темірғали Іңкәр Айбекқызы

Тақырыбы: Асбест өндірісі қалдықтарының құрамынан никельді шаймалау процесіне иондық ерітінділердің әсерін зерттеу.

Университет Ректорының 2020 жылғы "03" қараша № 2026 бұйрығымен бекітілген

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі 2022 жылғы "02" маусым

Магистрлік диссертацияның бастапқы берілістері: : «Жетіқара» кен орнынан алынған никельді хризотил-асбест қалдықтары, иондық ерітінділермен шаймалауға арналған лабораториялық қондырғылар.

Магистрлік диссертацияда қарастырылатын мәселелер тізімі

а) «Жетіқара» кен орнынан алынған асбест қалдықтарын магниттік әдісімен байыту және оларға физика-химиялық талдауын жүргізу;

б) шаймалау үрдісінің тиімді параметрлерін белгілеу;

в) өмір тіршілік қауіпсіздігі және еңбек қорғау сұрақтары;

Сызба материалдар тізімі

Ұсынылатын негізгі әдебиет:

1 Колмачихина О.Б. Подготовка окисленных никелевых руд к гидрометаллургической переработке / О.Б.Колмачихина, А.А.Чунарев, С.С.Набойченко // Металлург.-2015.- №8 - С.85-88 (0,29 п.л. / 0,15 п.л.).




2 Рацен В.З., Стрельникова В.Я., Коломийцев В.В. Отходы переработки асбестосодержащих руд и их особенности / Урал, 2005 – 83 с.

Магистрлік диссертация дайындау


КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекші мен кеңесшілерге көрсету мерзімдері	Ескерту
Кіріспе	04.06.2021	
Әдеби шолу	20.09.2021	
Бастапқы материалдардың сипаттамасы және зерттеу әдістемесі	04.02.2022	
Тәжірибелік бөлім	18.04.2022	
Қорытынды	20.05.2022	

Аяқталған магистрлік диссертация бөлімдеріне кеңесшілер мен норма бақылаушының қойған қолтаңбалары

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер, аты, әкесінің аты, тегі (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Экономика бөлімі	Ө.С. Байгенженов қауым.профессор, т.ғ.к.	02.05.2022	
Еңбек қорғау бөлімі	Ө.С. Байгенженов қауым.профессор, т.ғ.к.	19.05.2022	
Норма бақылаушы	С.С. Коныратбекова т.ғ.к., сениор-лектор	04.05.2022	

Ғылыми жетекші  Байгенженов Ө.С.

Тапсырманы орындауға алған білім орындаушы  Темірғали І.А.

Күні " 26 " қаңтар 2021 ж.

АНДАТПА

Магистрлік диссертация тапсырмадан, кіріспеден, 4 бөлімнен, қорытындыдан және пайдаланылған әдебиеттер тізімінен тұрады. Жұмыс компьютермен терілген 65 беттен тұрады, оның ішінде 25 сурет және 12 кесте бар. Пайдаланылған әдебиеттер тізімі 32 аталымнан тұрады. Дипломдық жұмыстың мақсаты – асбест өндірісі қалдықтарының құрамынан никельді шаймалау процесіне иондық ерітінділердің әсерін зерттеу. Зерттеулер бойынша асбест қалдықтарынан никельді бейорганикалық қышқылдармен шаймалау нәтижелері есептеліп көрсетілген. Қалдықты шаймалау барысында оған әсер ететін параметрлер негізге алынып зерттеу жүргізілді.

Зерттеу жұмыстарының объектісі ретінде «Жетіқара» кен орындарының құрамы келесідей серпентин кенінің асбест қалдықтары алынды, г/л: MgO – 39,0-42,0 %; SiO₂ – 37,0-41,0 %; CaO – 1,1-1,6 %; Fe₂O₃ – 1,9-5,4 %; FeO – 1,0-2,7 %; Al₂O₃ – 0,8-1,4 %; NiO – 0,2-0,25 %; Cr₂O₃ – 0,1-0,25 %. Никельді экстракциялау процесінің негізгі параметрлері анықталып, процесті күкірт қышқылымен жүргізгенде никельдің 83-85 % мөлшері (параметрлерге байланысты), экстракцияланатыны анықталды. Диссертацияда хризотил асбест өндірісінде түзілетін қалдықтарды қайта өңдеу арқылы никель өндіру технологиясы зерттелген. Қалдықты материалдар құрамынан никельді күкірт қышқылына иондық ерітінді қосу арқылы шаймалап ерітудің қолайлы шарттары анықталды. Экономикалық есептеулер мұқият жасалып, қауіпсіздік және еңбек қорғау жөніндегі іс-шаралар қарастырылды.

Түйінді сөздер: экстракция, күкірт қышқылы, шаймалау, никель, асбест, хризотил, асбест қалдықтары.

АННОТАЦИЯ

Магистерская диссертация состоит из задания, введения, 4 глав, заключения и списка использованной литературы. Работа состоит из 65 страниц, набранных компьютером, в том числе 25 рисунка и 12 таблиц. Список использованной литературы состоит из 32 наименований. Цель дипломной работы – изучение влияния ионных растворов на процесс выщелачивания никеля из отходов асбестового производства. По исследованиям приведены результаты выщелачивания никеля из асбестовых отходов неорганическими кислотами. В ходе выщелачивания отхода были проведены исследования исходя из параметров влияющих на него.

В качестве объекта исследовательских работ взяты асбестовые отходы серпентиновой руды месторождения «Жетикара» с содержанием, г/л: MgO – 39,0-42,0 %; SiO₂ – 37,0-41,0 %; CaO – 1,1-1,6 %; Fe₂O₃ – 1,9-5,4 %; FeO – 1,0-2,7 %; Al₂O₃ – 0,8-1,4 %; NiO – 0,2-0,25 %; Cr₂O₃ – 0,1-0,25 %. Определены основные параметры процесса экстракции никеля и установлено, что при проведении процесса с серной кислотой происходит экстракция 83-85 % никеля (в зависимости от параметров). В диссертации изучена технология производства никеля путем переработки отходов, образующихся при производстве хризотилового асбеста. Определены благоприятные условия выщелачивания никеля из состава отходов материалов с добавлением ионного раствора в серную кислоту. Тщательно составлены экономические расчеты, рассмотрены мероприятия по безопасности и охране труда.

Ключевые слова: экстракция, серная кислота, выщелачивание, никель, асбест, хризотил, асбестовые отходы.

ANNOTATION

The master's thesis consists of a task, an introduction, 4 chapters, a conclusion and a list of references. The work consists of 65 pages typed by a computer, including 25 figures and 12 tables. The list of references consists of 32 titles. The purpose of the thesis is to study the effect of ionic solutions on the process of nickel leaching from asbestos production waste. According to the research, the results of nickel leaching from asbestos waste with inorganic acids are presented. During the leaching of the waste, studies were conducted based on the parameters affecting it.

As the object of research was taken the asbestos waste of serpentine ore from the Zhetikara deposit with the following content, g/l: MgO – 39,0-42,0 %; SiO₂ – 37,0-41,0 %; CaO – 1,1-1,6 %; Fe₂O₃ – 1,9-5,4 %; FeO – 1,0-2,7 %; Al₂O₃ – 0,8-1,4 %; NiO – 0,2-0,25 %; Cr₂O₃ – 0,1-0,25 %. The main parameters of the nickel extraction process were determined and it was found that during the process with sulfuric acid, 83-85 % nickel is extracted (depending on the parameters). The dissertation examines the technology of nickel production by recycling waste generated during the production of chrysotile asbestos. Favorable conditions for nickel leaching from the composition of waste materials with the addition of an ionic solution to sulfuric acid have been determined. Economic calculations have been carefully compiled, safety and labor protection measures have been considered.

Keywords: extraction, sulfuric acid, leaching, nickel, asbestos, chrysotile, asbestos waste.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	9
1 Әдебиеттің аналитикалық шолуы	13
1.2 Никельдің кен орындары мен шикізат көздері	13
1.3 Никельді гидрометаллургиялық өңдеу жолдары	18
1.3.1 Никельді гидрометаллургиялық өңдеудің әлемдік тәжірибелері	19
1.4 Хризотил-асбест өндірісі қалдықтарынан никельді бөліп алудың қазіргі жағдайы мен болашағы	23
2 Тәжірибелік бөлім	29
2.1 Жетіқара кен орнынан алынған хризотил-асбест қалдықтарына жасалынған талдау жұмыстары	29
2.1.1 Хризотил-асбест қалдықтарының рентгенофазалық талдау нәтижелері	32
2.1.2 Хризотил-асбест қалдықтарының бастапқы және магниттік фракцияларының термогравитметриялық талдау нәтижелері	35
2.1.3 Хризотил-асбест қалдықтары бөлшектерінің меншікті беттігі мен орташа өлшемдерінің талдау нәтижелері	38
2.1.4 Хризотил-асбест қалдықтарын шаймалау үрдісінің термодинамикасын зерттеу	39
2.2 Асбест қалдықтарынан азот, күкірт және тұз қышқылдарымен никельді шаймалауға әртүрлі параметрлердің әсерін зерттеу	42
2.2.1 Шаймалау ұзақтығының әсері	42
2.2.2 Шаймалау температурасының әсері	43
2.2.3 Қышқыл көлемінің әсері	44
2.2.4 Сұйық/қатты қатынасының әсері	45
2.3 Хризотил асбест қалдықтарынан никельді шаймалауға иондық ерітінділердің әсерін зерттеу	46
3 Экономикалық бөлім	50
3.1 Зерттеу жұмысын жүргізуге жұмсалған шығындарды есептеу	50
3.2 Негізгі және қосалқы материалдар шығынын есептеу	50
3.3 Электроэнергияға кеткен шығынды есептеу	51
3.4 Техника - экономикалық көрсеткіштер	51
4 Қауіпсіздік және еңбекті қорғау	52
4.1 Никель өндірісінің зиянды және қауіпті өндірістік факторлар анализі	52
4.2 Электр қауіпсіздігін қамтамасыз ету	53
Қорытынды	54
Қолданылған әдебиеттер тізімі	55
Қосымша А	57

КІРІСПЕ

Шешілетін ғылыми технологиялық проблеманың қазіргі жай-күйін бағалау.

Қазіргі таңда заманауи технологиялық қолданыстар үшін түсті металдарға деген сұраныс артып келеді. Осы мақсатқа жету үшін пайдалы қазбаларды өндіруді, оларды өңдеуді және қайта өңдеуді едәуір арттыру қажет. Сондықтан, бұл зерттеу пайдалы қазбаларды өңдеу технологиясымен қатар қайта өңдеу жолдары мен экологияны жақсартатын және металдарды бөліп алуды жоғарылататын, пайдалы қазбаларды өңдеудің металлургиялық принципіалды жаңа әдісін қосатын, атап айтқанда гидрometаллургиялық әдісінің енгізілуін қамтамасыз етеді.

Сонымен қатар, заманауи тау-кен байыту өнеркәсібі күннен-күнге баланстан тыс және қиынбалқитын кендер өндірісінің жоғарылауымен сипатталуда. Осылайша, қайта жаңартылмайтын шектеулі минералдық ресурстар мен өндіріс шығындарының артуы түсті металдардың әлемдік нарықтағы бағасының өсуіне әкеп соғуда.

Қазақстан хризотил асбестті кеннің өте үлкен қорына ие. Серпентинді кендерден асбест талшықтарының өндірілуі қалдықтардың өте көп мөлшерде түзілуіне байланысты – коммерциялық талшықтарды өндіру барысында кен массасының 6 – 8 % ғана тазаланады. Хризотил асбест кендерінің қалдықтары жиналатын қалдыққоймалар осы аймақта тұрып жатқан адамдардың денсаулықтарына кері әсерін тигізеді [1]. Қалдыққоймаларындағы қалдықтардың біршама бөлігін асфальт құрамына толтырғыш ретінде пайдалануда және т.б. өнім алу мақсатында қолданады, алайда бұл пайда болған көп мөлшердегі қалдықтарды қалпына келтіре алмады. Бұл мақалада хризотил азбест өндірісінің қалдықтарынан никельді өндіру бойынша жүргізілген зерттеулер нәтижелері келтірілген.

Тақырыпты әзірлеу үшін негіз бен бастапқы деректер.

Серпентин кенінің асбест қалдықтары «Жетіқара» кен орындарынан алынады. Рентгендік құрылымдық талдау нәтижелері сынамаларда никель гарниерит, аварюит, азболаң, пентландит, бунзеит түрінде кездесетінін көрсетеді. Аталмыш кен орнындағы хризотил-асбест қалдықтары құрамынан никельді бөліп алу және оны әрі қарай кәдеге жарату үшін нарық пен өндірістік желілердің қажеттілігі тақырыпты әзірлеу үшін негіз болып табылады.

Жұмыста хризотил-асбест өндірісінің қалдықтарынан никельді өндіру бойынша жүргізілген зерттеулер нәтижелері келтірілген. Келтірілген зерттеуде асбест қалдықтарынан никель алудың жаңа иондық ерітінділерді қолдануға негізделген әдісі ұсынылды. Магниттік фракциядан никельді бөліп алу үшін қолайлы жағдайлар шаймалау процесіне әсер ететін негізгі факторларды, атап айтқанда, шаймалау уақытын, шаймалау ерітіндісінің

температурасын, қышқыл шығынын зерттеу арқылы анықталды. Зерттеу нәтижелері дәстүрлі шаймалау терлерімен салыстыра отыра қорытындыланды.

Ғылыми-зерттеу жұмыстарын жүргізу қажеттілігінің негіздемесі.

Қазақстанда, Қазақстан Республикасының Бас мемлекеттік санитарлық дәрігері 11.06.97 бекіткен 1.07.085-97 «Асбестпен жұмыс істеу кезіндегі санитарлық ережелердің» талаптарына сәйкес (9.1 п.), асбесткүрамды материалдарды ғимараттардың барлық түрлерінде шатырларды, құрылыстарды жабу немесе ғимараттардың сыртқы қабырғаларын әрлеу үшін шектеусіз қолдануға болады делінген. Алайда, асбест талшықтарының барлық түрлерінің ішінде хризотил мен крокидолит өкпе қатерлі ісігі мен мезотелиоманың дамуы үшін орасан ықпал ететіндігі дәлелденді, ал ұзындығы 5 мкм-ден асатын және диаметрі 1,5 мкм-ден аз талшықтар канцерогендік белсенділікке ие екендігі анықталды.

Қазақстан – әлемдік нарықтағы хризотил асбестің ірі өндірушілердің бірі. Еліміздегі хризотил өнеркәсібінің 4 өндірісінде 5 мыңға жуық адам жұмыс істейді. «Қостанай минералдары» АҚ тау-кен комбинаты Жетіқара қаласы мен Жетіқара ауданының қала құраушы кәсіпорны болып табылады, мұндағы асбест мәселесі 50 мыңға жуық адамның мүдделерін қозғайды. Осыған байланысты хризотил-асбест қалдықтарынан никельді өңдеуге арналған зерттеулер экологиялық және экономикалық тиімділігіне байланысты орынды болып табылады.

Жұмыстың өзектілігі.

Асбест құрамды қалдықтардың күннен-күнге көбеюі оларды жою, залалсыздандыру сияқты жаңа проблема туғызады. Негізінен магний силикаттарынан тұратын қалған қалдықтар үйіндіге жіберіледі. Магнийлі және басқа да құнды компоненттер қалдыққұраммен қайтымсыз жоғалатындықтан, бұл өз кезегінде шикізат қолданысының тиімділігін төмендетеді [3-5].

Жетіқара кен орнының (Қостанай облысы, Қазақстан) елу жылдан астам уақыттан бергі қолданысының нәтижесінде 200 миллион тоннадан астам асбест қалдықтары жиналған. Құрамында 0,2 – 0,25 % NiO бар бұл қалдықтар никельқұрамды кен ретінде металдық негізді қамтамасыз етуші материал ретінде қызығушылық тудырады. Сондай-ақ, қалдыққойманың өңделуі қоршаған ортаның қауіпсіздік мәселелерін ішінара шешуге септігін тигізеді.

Магистрлік диссертация тақырыбына сәйкес никель құрамды асбест қалдықтарын иондық ерітінділерді қолдана отыра шаймалау үрдісін зерттеуге бағытталған тәжірибелік жұмыстар алдын-ала қарапайым қышқылдардың қолданылуымен анықталған параметрлер бойынша жүргізілді.

Жұмыстың мақсаты:

Жетіқара кен орнының асбест өндірісі қалдықтарының құрамынан никельді шаймалауға иондық ерітінділердің әсерін басқа да қышқылдарды қолдана отырып алынған нәтижелермен салыстырмалы түрде зерттеп, үрдістің жан-жақты тиімділігін анықтау.

Зерттеу нысаны Қазақстандағы Жетіқара кен орнынан алынған никельқұрамды хризотил-асбест өндірісінің қалдықтары болып табылады.

Қойылған мақсатты орындау үшін келесі **тапсырмаларды** орындау қажет:

– құрамында никель бар асбест қалдықтарын иондық ерітінділермен шаймалау параметрлерін болжау мақсатында алынған сынамаларға рентгенофазалық, термогравиметриялық, элементтік және меншікті беттігі мен ұнтақ бөлшектерінің орташа көлемін анықтауға бағытталған талдауларды жүргізу;

– шаймалаудың термодинамикалық негіздемесін бекіту;

бейорганикалық қышқылдарды қолдана отыра шаймалау үрдісінің тиімді параметрлерін белгілеу;

– шаймалау үрдісінің қолайлы шарттарын анықтау.

Жұмыстың жанашылдығы:

– хризотил-асбест қалдықтарының магниттік фракциясынан никель бөліп алу үшін шаймалау тәжірибелері HCl, H₂SO₄ және HNO₃ әртүрлі концентрацияларында (стехиометриядан 80, 90,100 және 110 %), сұйық/қатты (С:Қ) қатынастарында (1:2, 1:3, 1:4), және температура (25, 50, 75, 90 °С) мен уақыттың (15, 30, 45, 60, 75 және 90 мин) әсерімен жүргізілді;

– атап өтілген сынақтардың нәтижелері никельді бөліп алып, оны әрі қарай өңдеу үшін және шаймаланған ерітіндінің жеткілікті мөлшерін алу үшін келесідей параметрлер тиімді болып анықталды: *қышқылдың стехиометриялық шығыны 100 %* (Ni бөліп алу дәрежесі HCl үшін 72 %, H₂SO₄ үшін 80 %, HNO₃ үшін 85 %); *температура 90°С* (Ni бөліп алу дәрежесі HCl үшін 73 %, H₂SO₄ үшін 80 %, HNO₃ үшін 83 %); *үрдістің жүргізілу уақыты 90 минут* (Ni бөліп алу дәрежесі HCl үшін 72 %, H₂SO₄ үшін 80 %, HNO₃ үшін 83 %); *С:Қ қатынасы 3:1* (Ni бөліп алу дәрежесі HCl үшін 72 %, H₂SO₄ үшін 80 %, HNO₃ үшін 83 %);

– анықталған тиімді параметрлерді иондық ерітінділермен шаймалау үрдісіне пайдалану барысында алынған нәтижелер Ni бөліп алу дәрежесі небәрі 3 – 4 % артатыны анықталып, ғылыми қызығушылық танытқан бұл әдістің тиімсіз екендігі анықталды.

Жұмыс нәтижелерінің практикалық маңыздылығы асбест қалдықтарынан никельді иондық ерітінділермен шаймалауарқылы бөліп алу процесін жүргізудің практикалық оңтайлы жағдайларын алу және оның тиімділігін зерттеу болып табылады.

Жұмысты апробациялау: Зерттеу нәтижелері бойынша асбест қалдықтарының магниттік фракциясын шаймалауға бағытталған зертханалық сынақтар жүргізілді, зерттеу нәтижелері оқу процесіне енгізілді.

Диссертация тақырыбы бойынша жұмыстың негізгі ережелері келесі мақалада баяндалған: «Асбест өндірісі қалдықтарынан никель өндіру», «Сәтпаев оқулары – 2021» Сәтбаев оқуларының еңбектері халықаралық ғылыми-практикалық конференциясының материалдар жинағында, Алматы, 2021, I том, 1023-1027 б.

Жарияланым зерттеу жұмысының нәтижелерін толықтай қамтиды және диссертацияның қорытындысына сәйкес келеді.

1 Әдебиеттің аналитикалық шолуы

1.2 Никельдің кен орындары мен шикізат көздері

Бұл өтпелі металл, яғни қышқылдық та, сілтілі де қасиеттерді көрсетеді. Оның күміс-ақ жылтырлығы бар, иілгіш, бірақ қатты. Молекулалық массасы аз – 28, сондықтан ол жеңіл металл қатарына жатады. Никель – барлық тірі организмдерге қажет микроэлемент. Оның өсімдіктердегі орташа мөлшері – 0,00005 %, құрлықтағы жануарларда – 0,000001 %, теңізде – дене салмағының 0,00016 %.

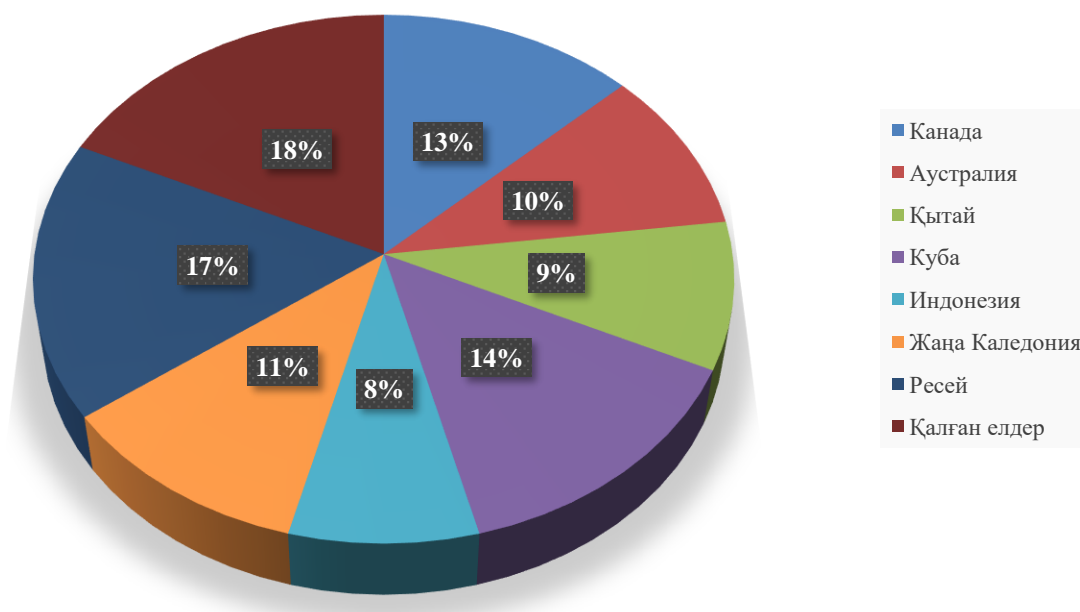
Никельдің көп бөлігі терең қабаттарда кездеседі. Жер қыртысында оның мөлшері – 0,0058 %, ультранегізді жыныстарда – 0,2 %. Егер жер ядросы никельді темірден тұрады деген болжамға сүйенсек, жердегі никельдің жалпы мөлшері шамамен 3 % құрайды. Никель кейбір метеориттерде де кездеседі.

1 Кесте– никель өндіруге арналған шикізат

Кен	Тотыққан	Сульфидті
Минералдар	<ul style="list-style-type: none">• Бунзеит – NiO• Гарниерит – $[(Ni,Mg)SiO_3 \cdot nH_2O]$• Ревденскит – $[3(Ni,Mg)O \times 2SiO_2 \cdot 2H_2O]$	<ul style="list-style-type: none">• Пентландит – $[(Ni,Fe)S]$• миллерит – NiS• медь – в форме халькопирита ($CuFeS_2$) и халькозина (Cu_2S)
Құрамы, %	0,7–1,1 Ni; 0,04–0,1 Co; 15–75 SiO_2 ; 5–65 Fe_2O_3 ; 2–25 Al_2O_3 ; 1–4 Cr_2O_3 ; 2–25 MgO; 0,5–2,0 CaO; до 35 H_2O	0,3–5,5 Ni; 0,2–1,9 Cu; 0,02–0,2 Co; 30–40 Fe; 17–28 S; 10–30 SiO_2 ; 1–10 MgO; 5–8 Al_2O_3
Байыту	—	Флотация
Өнім	Отты никель 99,0 %	Қара никель < 99,99 %

Никель өте кең таралған болып саналады – металдар арасында 13-орын. Алайда оның таралуы біршама ерекшеленеді. Жер қыртысында бұл металл ұқсас валенттілікке ие темір мен магниймен қатар кездеседі. Магний мен темір минералдарында никель изоморфты қоспа түрінде болады. Сондай-ақ ғылымға белгілі 53 никель минералы бар. Олардың көпшілігі қысым мен жоғары температураның әсерінен пайда болады, мысалы, магма қатайған кезде. Құрамында осы металл бар сульфидті кендер құрамында мыс та болады. Никельдің кейбір кендерінде темір, күкірт, мышьяк, кобальт, магний кездеседі. Никельдің көп бөлігі (шамамен 80 %)

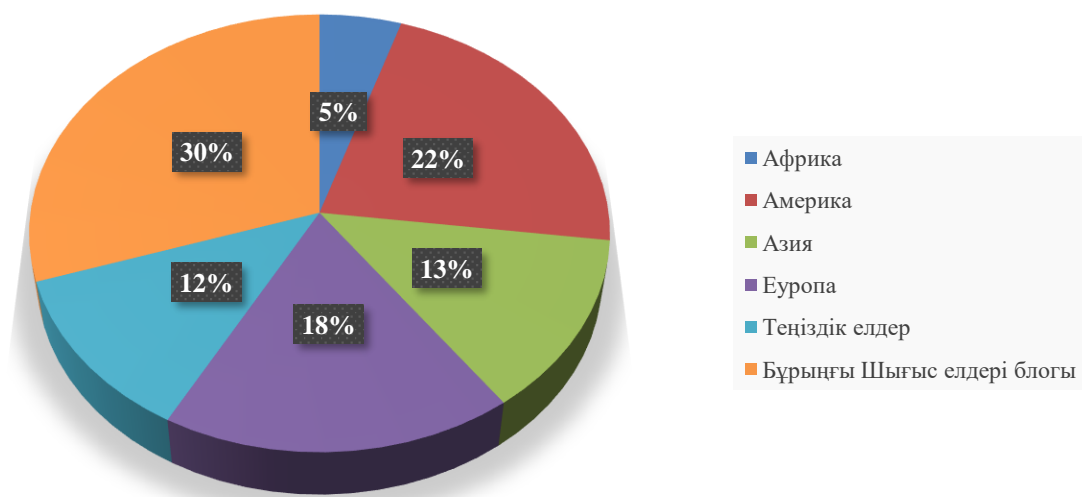
сульфидті мыс-никель кендерінен, әлдеқайда аз бөлігі силикат (тотыққан) кендерден алынады [2].



1 Сурет – Никельдің пайызбен шаққандағы әлемдік қорлары

Global Data есебіне сәйкес, кеніштердегі әлемдік никель өндірісі 6,8 % - ға өсіп, 2021 жылы 2 4274 мың тоннаға (мың тонна) жетеді деп күтілуде. Бұл өсім никель өндірісі COVID – 19 әсерінен 2020-жылы 2272 мың тоннадан 19 % - ға дейін төмендегеннен кейін болжануда.

Никель 23 елде өндіріледі және бүкіл әлем бойынша 25 елде балқытылады немесе өңделеді. Никель өндіретін он үш елдің онсында өндірістің өсуі күтілуде, бұл 2020 жылдан кейін металл бағасының оң көтерілуін көрсетеді. Никель бағасы көбінесе кен орындарын пайдаланудың сәттілігімен анықталады. Сонымен, 2013 жылы Қытай құрамында никель бар шойын өндірісін ұлғайтты, бұл металл бағасының айтарлықтай төмендеуіне әкелді. 2016 жылы күзде бір тонна металдың құны 10045 долларды құрады.



2 Сурет – Никельдің пайызбен шаққандағы әлемдік өндірісі

Никель қорытпалары жоғары тұтқырлықпен ерекшеленеді, сондықтан олар бронь өндірісінде қолданылады. Көптеген қорытпалар газ турбиналық қондырғыларда, атом реакторларының конструкцияларында ал қорытпалары аккумулятор өндірісінде кеңінен қолданылады. Никель өзінің таза түрінде де қолданылады: құбырлар, парақтар және т.б. жасалады, ал химиялық зертханаларда ол көптеген реакциялардың катализаторы ретінде қызмет етеді. Бұл металдан арнайы химиялық жабдықтар да шығарылады. Никель оксиді әйнек, керамика және глазурь өндірісінде қолданылады. Көптеген металдарды коррозиядан қорғау үшін никель қаптама ретінде қолданылады [4].



3 Сурет – Никельдің пайызбен шаққандағы салалар бойынша соңғы тұтынушылары

Қазақстанда едәуір минералдық ресурстар бар, оларда шамамен 1,5 млн тонна никель (жалпы әлемдік қорлардың 1,4 – 2 %) және 100 мың тонна кобальт (жалпы әлемдік қорлардың 1,4 %) шоғырланған. Никель мен кобальттың шамамен 100 %-ы никельдің орташа мөлшері 0,9-1,01 % және кобальт 0,05 - 0,06 % оксид-силикатты никель-кобальт (латерит) кендерінде кездеседі. Кендегі никельдің құрамы бойынша Қазақстан никельдің едәуір қоры бар негізгі елдерден әлдеқайда төмен.

«Қазмеханобр» өнеркәсіптік экология мемлекеттік ғылыми-өндірістік бірлестігінің деректері бойынша теңгерімдік қорлардағы никельдің жиынтық қорлары 1 839,77 мың тоннаны және теңгерімнен тыс қорларда 983,13 мың тоннаны құрайды. Теңгерімдік және теңгерімнен тыс қорларды ескере отырып, Қазақстанда никель мөлшері 2 822,9 мың тоннаны, ал кобальт 146,97 мың тоннаны құрайды. Қазақстанда никельдің жалпы қорын 3 - 3,2 млн тонна деңгейінде, кобальтты 160 - 170 мың тонна деңгейінде бағалауға болады.



Дереккөз: Инвестициялар және даму министрлігінің геология және жер қойнауын пайдалану комитеті, «Тау-Кен Самұрық» АҚ

4 Сурет – Қазақстандағы никельқұрамды кендердің орналасқан негізгі өңірлері

Никель кендерінің кен орындары Қазақстанның солтүстік өңірлерінде шоғырланған және негізінен Бөгеткөл (Ақтөбе облысы), Горностаев (Шығыс Қазақстан облысы) кен орындарында, сондай-ақ Кемпірсай (Ақтөбе облысы) және Екібастұз - Шідерті (Павлодар облысы) кен орындары тобында шоғырланған. Бұл шөгінділер кайнозой дәуірінде жас

шөгінділердің астына көміліп, негізінен никель мен кобальт мөлшері өте төмен силикат кендерімен ұсынылған: Ni 0,3–1,3 %, Co 300-500 млн. дана.

Кемпірсай кен орындары тобының қойнауында (39 шоғыр) 12,8 млн тонна кен бар, құрамында никель 98,3 мың тонна және кобальт 4,5 мың тонна. Баланстан тыс кен орындары 4,137 млн тонна кедей және тотыққан кендерден тұрады, оларда 20,5 мың тоннаға дейін никель және 1,2 мың тонна кобальт шашыраңқы. Милютин және Горностаев кен орындарында шамамен 140,0 мың тонна никель бар. «Шевченковское» кен орнында шамамен 1075,8 мың тонна никель шоғырланған.

Орал-Қазақстан провинциясында құрамында 0,2-ден 3 млн тоннаға дейін металл никель бар минералды ресурстары бар никель-кобальт латериттерінің мезозой кен орындары орналасқан. Шөгінділер әр түрлі жастағы және генезистің ультра негізгі массивтерінің аймақтарында орналасқан [18].

1.3 Никельді гидрометаллургиялық өңдеу жолдары

Кен шикізатының барлық түрлерінен никель концентраттарын алу үшін пиро-және гидрометаллургиялық процестер қолданылады. Қазіргі уақытта никель концентраттарын өндіруде қолданылатын технологиялық схемалар негізінен пирометаллургиялық және гидрометаллургиялық әдістердің үйлесуіне негізделген[6].

Гидрометаллургиялық өндіріс технологиясы төмендегілерді қамтамасыз етеді:

- энергияны үнемдеуге мүмкіндік беретін төменгі температурада процестерді жүзеге асыру;
- шикізатты кешенді пайдалану (оның ішінде кедей) және одан аз мөлшерде болатын құнды компоненттерді алу;
- шикізатты ашу селективтілігінің жоғары дәрежесі;
- шаймалаудан кейін ерітінділерден тікелей таза және бейорганикалық ерекше таза заттарды алу;
- пирометаллургиялық агрегаттарды футерлеумен салыстырғанда аппаратураның коррозиясының төмен дәрежесі.

Осы артықшылықтарға байланысты бейорганикалық қосылыстар өндірісінде осы процестерді қолдану ауқымы мен бағыттарының тұрақты кеңеюі байқалады.

Қазіргі уақытта күкірт қышқылы, аммиак және тұз қышқылы ерітінділерін қолдана отырып, гидрометаллургиялық әдістер никель кендерін, никель сульфидті концентраттарын, пирротикалық концентраттарды, сульфидті жартылай өнімдерді (штейн, Файнштейн және т.б.) өңдеу үшін қолданылады [4].

Шаймалау атмосфералық және жоғары қысым кезінде де жүзеге асырылады. Жоғары қысым өз кезегінде процесті жоғары температурада жүргізуге мүмкіндік береді (автоклав процестері), бұл химиялық реакцияларды едәуір жылдамдатады және олардың ағымының толықтығын арттырады [2].

Гидрометаллургияны дамытудың заманауи бағыттары:

- полиметалл шикізатын кешенді өңдеу тәсілдерін әзірлеу;
- минералдарды белсендірудің механикалық және химиялық әдістерін қолдану;
- сілтілеу үшін реагенттерді қолдану жағдайларын зерттеу(күкірт қышқылы, аммиак, сілті);
- азот және тұз қышқылдары мен тұздар (цианидтер, хроматтар), тиомочевина, сондай-ақ органикалық заттар сияқты неғұрлым тиімді реагенттерді пайдалана отырып процестерді әзірлеу;
- автоклавты, сорбционды-экстракциялық жақсарту;

– электрохимиялық, флотациялық-гидрометаллургиялық және басқа да аралас процестер;

– фазаларды бөлу процестерін жетілдіру.

Күкірт қышқылы технологиясы ерітіндіге кеннен никель иондарын іріктеп алуға мүмкіндік береді, ал темір мен алюминий оксидтері қалдықтарда қалады. Бұл процесс жоғары қысым мен температурада жүреді, сонай-ақ қымбат жабдықты (автоклав) және энергияның үлкен шығынын қажет етеді. Ерітіндіден никель иондарын бөлу үшін күкіртсутегі немесе натрий сульфиді қолданылады, нәтижесінде ол соңғы өнімді күкіртпен ластайды. Кенді өңдеу технологиясының күрделілігінің болмауы және күкірт қышқылының негізгі тұтынушысы – магний оксидінің аз мөлшері бар тек латеритті кенді пайдалану мүмкіндігі бұл әдістің кемшілігі болып табылады.

Күкіртқышқылды өңдеу тәсілдері HCl-дің Болат жабдыққа үлкен агрессиялық әсері мен тұз қышқылының құбылмалылығына (ең жоғары концентрациясы 37 %) байланысты кеңінен қолданылмайды.

Аммиак технологиясын қолдану ерітіндіге никельдің аз алынуына байланысты (80 % дейін) шектелген, бірақ бұл әдіс тотыққан кендерден металдарды (Ni, Cr, Co, Cu, Zn) іріктеп алуға мүмкіндік береді.

Азот қышқылы технологиясы шикізатты жан-жақты өңдеуге мүмкіндік береді, өйткені нитраттардың хлоридтерге немесе сульфаттарға қарағанда ыдырау температурасы төмен.

1.3.1 Никельді гидрометаллургиялық өңдеудің тәжірибелері

Қазіргі уақытта шетелде және Қазақстанда никель бар кендерді қайта өңдеудің өнеркәсіптік игерілген және жаңадан игерілген технологияларының кемшіліктерін ескере отырып, тотыққан никель кендерін қайта өңдеу бойынша жаңа технологиялық шешімдерді жетілдіру және іздеу бойынша белсенді жұмыс жүргізілуде. Тотыққан және аралас кендер немесе тотыққан минералдардың сульфидизациясын және алынған материалдың флотациясын қамтитын күрделі аралас схемалар бойынша гидрометаллургиялық тәсілмен – металдарды химиялық шаймалау және оларды кейіннен тұндыру жолымен қайта өңделеді [7].

Никель алу кезіндегі гидрометаллургиялық әдістер мыс алуға қарағанда әлдеқайда кең таралған. Қазіргі уақытта олар тотыққан никель кендерін, никель сульфидті концентраттарын, пирротинді концентраттарды, сульфидті жартылай өнімдерді (штейн, файнштейн және т.б.) күкірт қышқылы, аммиак және тұз қышқылы ерітінділерін қолдана отыра жүргізеді. Шаймалау үрдісін атмосфералық және жоғары қысым кезінде де жүзеге асырылады. Жоғары қысым өз кезегінде процесті жоғары

температурада жүргізуге мүмкіндік береді. Жоғары температура мен қысымды қолдану химиялық реакцияларды едәуір жылдамдатады және олардың ағымының толықтығын арттырады. Мұндай процестер автоклав процестері деп аталады. Олар герметикалық аппараттарда-автоклавтарда жүзеге асырылады.

Құрамында ~1,3 % Ni және 0,8 Co бар тотыққан никель кендерін гидрометаллургиялық өңдеу кезінде аммиакты схема бойынша («Никаро» зауыты, Куба) кенді алдымен селективті қалпына келтіру күйдіреді, онда никель мен кобальт металдарға, ал темір негізінен Fe₃O₄-ке дейін төмендейді. Салқындатылған тұқыл турбоаэраторларда - герметикалық пневмомеханикалық араластырғыштарда 5-7 % аммиак және 4-6 % көміртегі оксиді (CO₂) бар ерітіндімен сілтіленеді. Бұл жағдайда келесідей теңдеумен сипатталған процестер жүреді:



Гидроксид түріндегі темір және кобальттың көп бөлігі (80-90 % дейін) шаймалау қалдықтарында қалады. Алынған ерітінділер кейіннен ерімейтін никель және кобальт карбонаттарын қалыптастыру үшін өткір бумен термиялық ыдырауға ұшырайды.

Ерітіндіден бөлінгеннен кейін тұнба кептіріліп, құбырлы пештерде кальцийленеді, бұл никель оксидінің пайда болуына әкеледі. Никельдің шала тотығы агломерациялық машиналарда пісіріледі. Бұл технологияның тауарлық өнімі 88 % Ni және 0,7 % Co бар күйінді (синтер) болып табылады. Кеннен никель алу 75 %, кобальт 20 % құрайды.

Екінші Кубалық «Моа» зауытында тотыққан никель кендері тік автоклавтарда 0,4-0,5 МПа қысыммен күкірт қышқылын шаймалауға ұшырайды, бұл процесті 240-250 °С температурада жүргізуге мүмкіндік береді. Бұл химиялық әрекеттесуді тездетеді және металдарды алудың толықтығын арттырады.

95 % никель мен кобальт NiSO₄ және CoSO₄ сульфаттары түрінде автоклавтарда шаймалау кезінде ерітіндіге өтеді. Темірден тазартылғаннан кейін ерітінді бейтараптандырылады және арнайы автоклавтарда күкіртсутекпен өңделеді, нәтижесінде 55-60 % Ni және 5-6 % Co бар сульфидті концентрат алынады. Бұл концентрат зауыттың тауарлық өнімі болып табылады. Кеннен металдардың соңғы алынуы шамамен 90 % құрайды.

Автоклавтарда аммиакты шаймалауды сульфидті никель концентраттарын өңдеу үшін (14 % Ni; 3 % Cu; 0,2-0,4 % Co; 35 % Fe; 28 % S) «Шеррит-Гордон» компаниясы (Канада) пайдаланады. Шаймалау үрдісі көлемі 120 м³ болатын төрт камералы автоклавтарда жүргізіледі.

Технологиялық процестің схемасы келесі негізгі операциялардан тұрады:

– концентратты 77-82 °С температурада және шамамен 700 кПа қысымда аммиакты сілтісіздендіру, бұл ретте никель, мыс және кобальт аммиак түріндегі ерітіндіге ауысады, ал темір тотығып, гидроксид түрінде тұнбаға түседі;

– ерітінді 110 °С дейін қызған кезде мыс сульфидінің кристалдануы;

– никель сутегімен автоклавты қалпына келтіру және кобальтты күкірт сутегімен тұндыру;

– аммоний сульфатының қалдық ерітіндіден кристалдануы.

Жалпы, бұл технология бойынша, %: 90 Ni; 45 Co; 89 Cu; 75 S бөліп алынады.

Сульфидті никель концентраттарын автоклавты өңдеу нәтижесінде аммиак схемасы бойынша мыс сульфиді (70 % Cu), никель ұнтағы (99,8-99,9 % Ni), кобальт ұнтағы және аммоний сульфаты алынады [8].

Никельді гидрометаллургиялық өндеудің Қазақстандық тәжірибелері. Горностаевское кен орнында жерасты шаймалау әдісі қолданылады, еріткіш ұңғымалар арқылы сорылады. Бұл технология уран өнеркәсібінде қолданылады, бірақ никель өндіруде кең қолданылмайды. Егер сәтті болса, оны өндірудің өзіндік құны Горностаев кен орнында әлемдегі ең төменгі деңгейге айналады деп болжанады. Бұл кен орны Шығыс Қазақстан облысында, Семейден 110 км жерде орналасқан. Қор құрамында 406 мың тонна никель және 29,8 мың тонна кобальт бар 54,7 млн тонна кенге бағаланады. Кен орнында эксперименттік және технологиялық жұмыстар аяқталды, бірінші шахтаның қажетті ұңғымалары мен инфрақұрылымы салынды.

Никель-кобальт кендерін қазіргі заманғы қайта өңдеу әдетте пирометаллургиялық/балқыту және гидрометаллургиялық әдістерді қамтиды. Гидрометаллургиялық әдістерге жерасты және үйінді шаймалау технологиялары жатады. Барлық осы әдістер әсіресе Уралда және Қазақстанда кен орындарына тиімді болу мүмкін. Қазіргі уақытта Оралдың никель пирометаллургиялық зауыттары жабық, ал AAL, PAL және PAL сынақ жұмыстары оңтайлы экономикалық параметрлерді көрсетпеді.

Жер асты шаймалау әдісі ешқашан өнеркәсіптік масштабта никель-кобальт латерит кен орындары үшін қолданылмаған. Алайда, соңғы жылдары Оралдың бірнеше кен орындарында, соның ішінде Точильногорск (Липовская тобы), Кунгур және Рогожин (Черемшанская тобы) және Екібастұз-Шідерті (Середкин және басқалар, 2019) ISR сәтті зертханалық және далалық эксперименттік сынақтары жүргізілді [9].

Ең сәтті және толық ЖАШ сынақтары Екібастұз-Шідерті кен орнында жүргізілді, онда шаймалау агенті ретінде күкірт қышқылы пайдаланылды. Концентрацияланған ерітінділердегі никель мөлшері 120 мг/л-ге жетті, ал никель катоды ретінде никель алынды. Зертханалық бағандардағы сынақтар кезінде КЕ-де никель мөлшері 500-2000 мг/л-ге жетті. Сұйықтықтың қатты затқа қатынасы 12-15 құрайды. Бұл мәндер Murrin-Murrin (ALTA, 2009) жобасындағы үйінді шаймалаумен салыстырылды. Кен орнының гидрогеологиялық жағдайлары өте қолайлы. Өткізгіштігі Вайомингтегі уран кен орындарымен салыстырылатын сынғыш және сынған аймақтарда тәулігіне 0,1-0,3 м және одан жоғары. ISR процесі жарылған серпенде жер асты суларының деңгейінен КЕ жинауымен жер асты суларының деңгейінен жоғары және төмен қолданылады.

CSA Global 2019 жылы Екібастұз-Шідерті кен орнына аналитикалық зерттеулерді қолдау үшін қол жетімді заманауи технологиялардың үйлесіміне негізделген ISR процесін дайындады. Бұл технология Орал мен Қазақстандағы басқа кен орындарына ықтимал қолданылады және тропикалық аймақтардағы (Индонезия сияқты) латерит кен орындары үшін одан де қолайлы болып табылады [10].

Шығыс Қазақстан облысындағы Мақсұт кен орны салыстырмалы түрде шағын болып саналады. Сарапшылардың пікірінше, мұнда 83 мың тонна никель шоғырланған. Бұл жағдайда мыс концентрациясы 0,43 %, никель - 0,35 % құрайды. Сондықтан кенді алу және сату мүмкін болмайды. Алдымен оны байыту қажеттілігі туындайды. Кен орны Абай ауданында, Семейден оңтүстікке қарай 107 км және Шар темір жол станциясынан батысқа қарай 60 км жерде орналасқан. Жоғарыдан бұл керемет жер. Жерден де. Байыту фабрикасының екі ғимаратын ғана ажыратуға болады.

Карьердің ауқымы әлі де кішкентай, тереңдігі 140 метр. Бұл белгіде кен өндіру жұмыстары жүргізіліп жатыр. Кеншілер жер асты суларының деңгейінен төмен түскенін көруге болады. Кен орнында қарапайым 30 тонналық балазалар жұмыс істейді. Көлік үлкен көрінеді, бірақ өз класында бұл үнемді «гольф» ретінде таңылған. Болашақта өндірісті кеңейте отырып, компания автопарккі жаңартып, көбірек автомобильдер сатып алуға ниетті.

Кен сақтау орнына түскен соң, сол жерден қажет болған жағдайда байытуға жіберіледі. Байыту фабрикасында кен алдымен ұсақталып, содан кейін електен өтеді. Бос жыныстар кенге қарағанда жеңіл болады. Осының арқасында ол бөлектеліп қоқысқа жіберіледі. Ұсақталған кен чанға түседі, онда оған реагент қосылады. Бұл сынаманы өзекті етеді. Бұл суспензияның барлығы флотация машиналарына беріледі. Дәл осы жерде негізгі процесс жүреді.

«Бас» ААҚ байыту фабрикасында көбікті флотациялау әдісі қолданылады. Бұл әдіс минералдардың сулану әсеріне негізделген. Мыс-никель кені. Бұл екі металл да сумен нашар суланған. Бірақ егер сіз ерітіндіге ауа қоссаңыз, онда кішкентай көпіршіктер металлға бай бөлшектерге жабысып, оларды бетіне шығарады. Құрылады көбік. Флотация машинасының пышағы оны науаға апарады. Барлығы 15 осындай машина екі қатарға орнатылды. Науалар арқылы байытылған кен – мыс-никель штейн - кептіру камерасына түседі. Және үлкен көліктерге оралған. Мұндай бір реттік пакетте бір тоннаға дейін дайын өнім орналастырылған. Және бұл пішінде ол сатып алушыға жіберіледі. Концентраттағы мыстың үлесі 18-23 % - ға дейін, никель – 16-22 % - ға дейін артады[11].

1.4 Хризотил-асбест өндірісі қалдықтарынан никельді бөліп алудың қазіргі жағдайы мен болашағы

Жыл сайын Қазақстанда 220 мың тоннаға жуық асбест өндіріледі, бұл жыл сайынғы әлемдік өндірістің 10 % - на сәйкес келеді. Қазақстандық асбест 40 елде қолдануға тыйым салынған асбест болып табылады.

Асбест – силикаттар класындағы табиғи минералдар тобының коммерциялық атауы. «Асбест» жалпы атауы химиялық құрамы, минералогиялық құрылымы, физика-химиялық қасиеттері және биологиялық белсенділігі жағынан әртүрлі силикат минералдарын біріктіреді. Олардың талшықты құрылымы ұқсас болуының нәтижесінде қолданудың кейбір мүмкін бағыттары бар [13].

Бес минерал амфиболдар тобына жатады (грекше «амфиболос» - күрделі ауыспалы құраммен байланысты түсініксіз) – таспалы силикаттардың қосалқы класы. Бұлар:

- амозит (қоңыр асбест, грунерит);
- крокидолит (көк немесе көк асбест, рибекит);
- антофиллит (сұр асбест);
- тремолит;
- актинолит.

Асбест түрлері өздерінің қасиеттерінде біршама ерекшеленеді (талшықтардың қалыңдығы мен ұзындығын қоса), бірақ тұтастай алғанда олар жоғары созылу беріктігімен, төмен жылу өткізгіштігімен және салыстырмалы түрде жоғары химиялық төзімділігімен сипатталады.

Асбест жұқа, берік талшықтарға оңай бөлінеді, олар роликті немесе құбырлы құрылымның кристалдары болып табылады. Оның жоғары температураға төзімділігі бар: ол 15500 °С температурада ериді, оның

талшықтар бойымен созылу күші 30000 кг/см^2 дейін, бұл болаттың беріктігінен жоғары.

Асбест сілтілердің, қышқылдардың және басқа да агрессивті сұйықтықтардың әсеріне қатысты. Ол сондай-ақ керемет иіру қасиеттеріне, икемділікке, сілтілікке төзімділікке, жоғары сорбцияға, жылу, дыбыс және электр оқшаулау қасиеттеріне ие.

Асбест минералдарының екі негізгі тобы - серпентин мен амфиболдар ерекше қызығушылық тудырады. Хризотил-асбест (хризотил, парахризотил), сондай-ақ «ақ асбест» деп те аталады, серпентиннің талшықты түрі-қабатты силикаттардың субкласс минералына жатады.

Әлемдік асбест өндірісінің 95 %-ы хризотил-асбестке тиесілі. Хризотил-асбесттің аса ірі кен орындары Қазақстанда да бар (Қостанай облысындағы Жетіқара – Жетіқара кен орны) [14].



5 Сурет – Хризотил-асбест талшықтары

Әлемдік хризотил-асбест өндірісі кен орындарының ең ірілері Ресейде орналасқан, олар – Баженов кен орны (Орта Орал), Киёмбаевское (Орынбор облысы), Ак-Довуракское (Тува).

Чита облысының солтүстігінде тек қана өте ұзын күйдегі асбест талшығы бар «Молодежное» кен орны ашылды. Хризотил кен орындары Шығыс және Батыс Саянның серпентинді аймағында, сондай-ақ Солтүстік Кавказда бар.

Хризотил-асбест өндірісінің әлемдік көлеміндегі ШЕКОА елдерінің (Шығыс Еуропа, Кавказ, Орталық Азия) өндіруші компанияларының үлесі 60,8 % - ды құрайды. Әлемде Хризотил-асбест Қытай, Канада (Квебек провинциясы), Бразилия және Зимбабведе де өндіріледі.

Соңғы жүз жыл ішінде асбест құрылыс өнеркәсібінде белсенді қолданылды. Асбесттен оның таза түрінде немесе басқа материалдармен қоспа компонент ретінде өндірілетін өнімдердің асортименті үш мыңнан асады.

Олар электр жабдықтарына арналған оқшаулағыштар (мысалы, іліністер мен тежегіш жүйені қаптау үшін); қорғаныс функциялары бар жұмыс киімдері, газ маскаларын; маталарды, панельдерді немесе жабындарды ыстыққа және химиялық әсерге төзімді және т. б. дайындау үшін қолданылатын пластикалық пленкалар, түрлі талшықтар [16].

Көптеген жылдар бойы асбест ғарыш техникасында, фрикциялық материалдар (тежегіш қалыптар және автомобильдердегі ілінісу дискілеріне арналған жапсырмалар), отқа төзімді және жылу оқшаулағыш материалдар (арнайы панельдер, маталар), арнайы техникалық қағаздар өндірісінде, сондай-ақ асбест-цемент плиталарын, құбырларды және т. б. дайындау үшін құрылыс материалдары өнеркәсібінде қолданылады. Хризотил асбесті цемент, техникалық және картон өнімдерінің негізгі компоненті болып табылады. Қазіргі уақытта хризотил асбесті Жер шарының 2/3-тен астамы тұратын 65 елде қолданылады.

ШЕКОА өңірі елдерінің асбест өндіретін төрт кәсіпорнының бірі және Орталық Азиядағы хризотил-асбест өндіретін жалғыз кәсіпорын «Қостанай минералдары» комбинатының тарихы 1965 жылғы 13 қазанда, кен басқармасы мен № 1 байыту цехының құрамындағы кәсіпорынның бірінші кезегі пайдалануға берілген кезде басталды.

Комбинат Қазақстанның солтүстігінде, өзінің темір, алюминий, асбест, сондай-ақ алтын және мырыш кен орындарымен танымал Заурал кен ауданында орналасқан. 1974 жылы 31 Қаңтарда N₂ байыту цехы іске қосылды. 1993 жылдың қыркүйегінде комбинат ашық үлгідегі акционерлік қоғам болып қайта құрылды. 1997 жылғы мамырда Үкіметтің жекешелендіру бағдарламасына сәйкес кәсіпорынды мемлекет иелігінен алу жүргізілді.

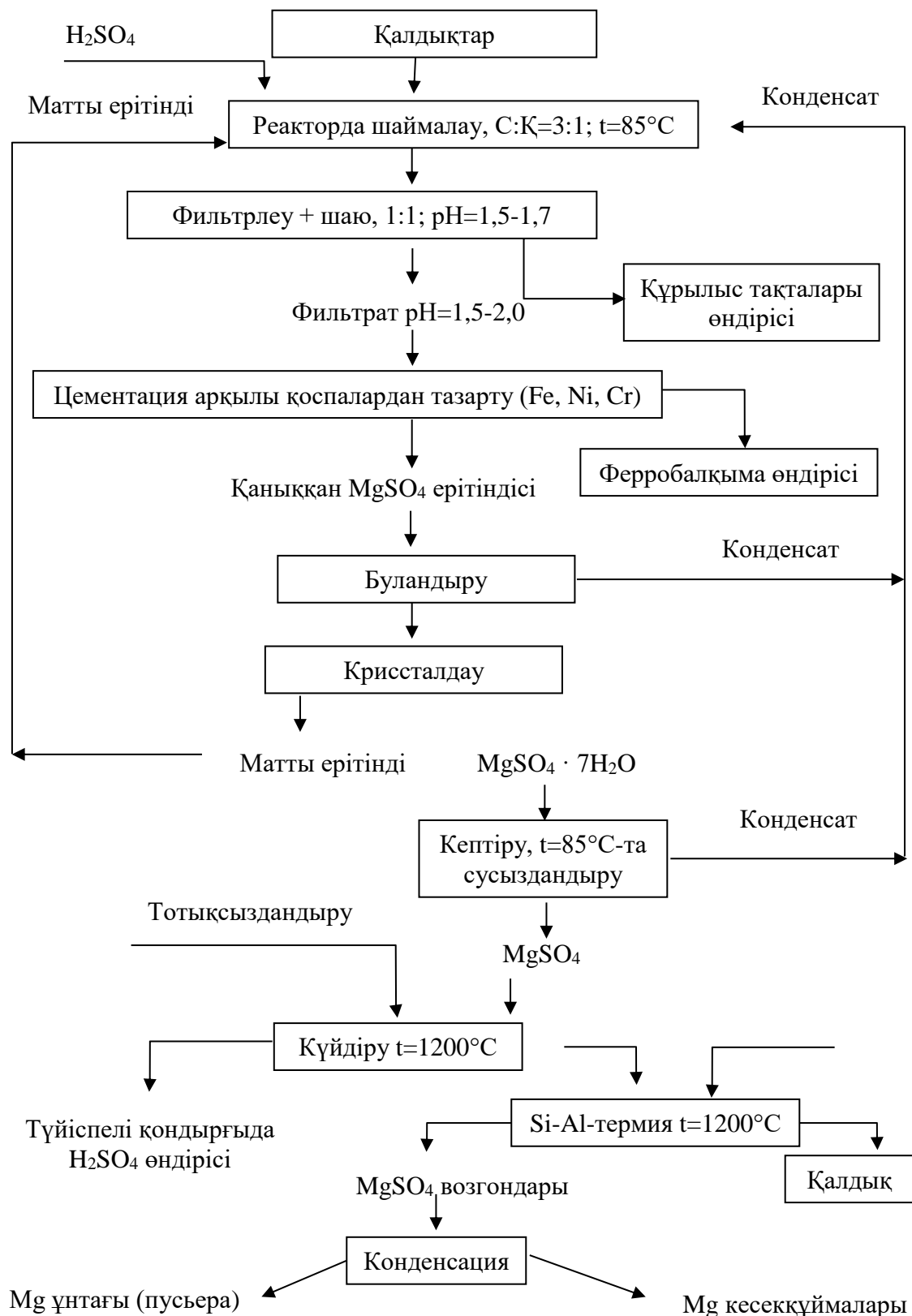
Өткізілген ашық тендердің қорытындысы бойынша комбинаттың иесі ұлттық инвестор болды. Жыл сайын дайын өнім шығаруды арттыра отырып, кәсіпорын жұмысын тұрақтандыруға мүмкіндік туды. Бүгінде кәсіпорын өнімі әлемнің 20-дан астам еліне жеткізіледі. Жетіқара кен орнының бастапқы қоры 1074 млн. т кенді құрады. 2000 жылдың соңында кен орнының қалдық қоры 684 млн. т құрады.

Қазіргі уақытта «Қостанай минералдары» АҚ жылына 200 мың тоннадан астам хризотил-асбест өндіреді, оның 90 % экспортқа, ал 10 % ел ішінде тұтынылады [17].

«Қостанай минералдары» АҚ өнімдерінің негізгі бөлігі асбоцемент құбырлары мен шатыр табақтарын дайындауға жұмсалады. Сондай-ақ, компания өнімдері төсемдер мен гидроқшаулағыш материалдарды өндіруде қолданылады. Компания 1-2 топ асбест және тоқыма асбест (нөлдік топ) шығармайды, өйткені Жетіқара кен орнының кендерінде асбесттің тиісті сорттары жоқ.

Тау-кен комбинаты Жетіқара қаласы мен Жетіқара ауданының қала құраушы кәсіпорны болып табылады, асбест проблемасы 50 мыңға жуық адамның мүдделерін қозғайды.

Жетіқара асбесті өзінің сапасы бойынша әлемдік нарықта жоғары бәсекеге қабілетті өнім болып табылады және асбоцемент құбырларын, шиферді, басқа да асбоцемент бұйымдарын дайындау үшін пайдаланылады. Оның төмен маркалары оқшаулағыш материал және толтырғыш ретінде қолданылады.



6 Сурет – Сульфат, оксид және металл түріндегі тауарлық магний өнімін ала отырып, хризотил-асбест өндірісінің қалдықтарын күкірт қышқылы тәсілімен кәдеге жарату технологиясының технологиялық схемасы

Хризотил-асбесті кеннен байыту үшін құрғақ гравитациялық әдіс қолданылады. Байыту принципі әр түрлі көлемді таразыларға және ауа ортасында серпімді асбест талшығының әртүрлі айналу жылдамдығына негізделген. Байыту процесінің өзі асбест талшығын ашу мақсатында кенді көп сатылы ұсақтаудан тұрады, содан кейін қабыршықтанған талшық бетіне «қалқып шығады». Механикалық електерде асбест талшығы мен ұсақталған материал мөлшері бойынша бөлінеді, ал талшық экранның палубасына ауа ағынымен сорылады. Талшықтың ұзындығы бойынша үш ағымда қалыптасқан концентраттар тазартудан өтеді, бұл кезде талшық шаңсыздандырылады, жансызданады, жіктеледі, сөндіріледі және т. б. [18]

Асбест кендерін қайта өңдеу нәтижесінде талшықтың ұзындығына байланысты ГОСТ 12871-93 «хризотил асбесті» халықаралық стандартымен 6-топтың 3-тармағында біріктірілген әртүрлі маркалы тауарлық асбест өндіріледі. Әртүрлі тауар таңбалары талшығының фракциялық құрамы тор ұяшықтарының әртүрлі өлшемдері бар төрт Елек жиынтығынан тұратын Бақылау аппаратында құрғақ себу әдісімен айқындалады [19].

Байыту қалдықтары құрамында шамамен 15 % + 5 мм фракциясы бар құрғақ ұсақталған материал болып табылады, олардың құрамы негізгі компоненттер бойынша мынадай: 33,9 % MgO; 0,5 % CaO; 0,35 % Al₂O₃; 3,12 % FeO; 9,4 % Fe₂O₃; 38,8 % SiO₂; 13,24 % АӨП.

«Қостанай минералдары» АҚ асбест комбинаты жыл сайын 5 млн. тоннаға дейін хризотил-асбест өндіреді, оның ≈ 8 % тауар талшығына алынады, қалғаны үйінділерге жіберіледі. Бұл техногендік қалдықтарда орташа құрамы 36-39 % MgO (21-23 % Mg) болатын 1 млн. т. дейін магний бар.

ҚР Минералдық шикізатты кешенді қайта өңдеу жөніндегі ұлттық орталығы ерітіндіге сульфат түріндегі магнийдің 75-80 %-ын ала отырып, хризотил-асбест қалдықтарын күкірт қышқылды сілтісіздендіруді көздейтін технологияны әзірлейді және өнеркәсіптік игеруге ұсынады. Ерітіндіні темір, никель, кобальт және хром қоспаларынан тазарту химиялық цементация тәсілімен жүргізіледі.

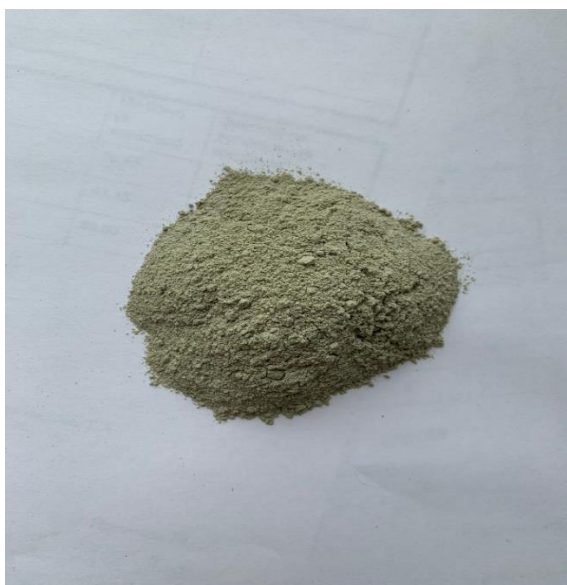
Магний сульфатының ерітінділері буланады және тазарту дәрежесіне байланысты кристалдану арқылы MgSO₄·7H₂O техникалық, су мен күкірт газының (SO₂) буымен дегидратацияға және ыдырауға ұшырайды. Соңғысы түйісу аппараттарына күкірт қышқылын өндіруге жіберіледі, одан әрі шаймалау процесінде процестің басында су және конденсат буларымен бірге қолданылады. MgO техникалық таза магний оксидінен металл термиялық тотықсыздандыру арқылы металл магний алынады [20].

2 Тәжірибелік бөлім

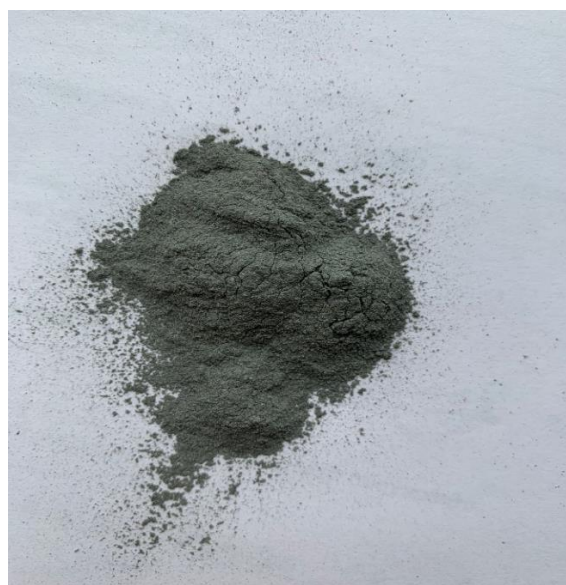
2.1 Жетіқара кен орнынан алынған хризотил-асбест қалдықтарына жасалған талдау жұмыстары

Серпентинді кеннің асбест қалдықтары (АҚ) Жетіқара кен орындарынан алынады. АҚ құрамында: MgO – 39,0-42,0 %; SiO₂ – 37,0-41,0 %; CaO – 1,1-1,6 %; Fe₂O₃ – 1,9-5,4 %; FeO – 1,0-2,7 %; Al₂O₃ – 0,8-1,4 %; NiO – 0,2-0,25 %; Cr₂O₃ – 0,1-0,25 %.

Ұсынылған технологияларға сәйкес никель мен басқа түсті металдарды байыту үшін АҚ магниттік сепарацияға жіберіледі.



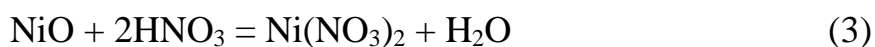
а) асбест өндірісі қалдықтары



ә) байытылған (магнитті) фракция

7 Сурет – Асбест өндірісі қалдықтары

Нәтижесінде, осы кезеңде концентраттағы никель концентрациясы қалдықтардағы бастапқы мөлшерімен салыстырғанда 6-8 есе өсті. Алынған магниттік бөлігіндегі никельдің мөлшерін біле отыра (1,6 %), тәжірибелік жұмыстарды жүргізу үшін және нақты ақпарат алу мақсатында таңдалған қышқылдардың қажетті концентрациясы пропорция және химиялық теңестіру арқылы анықталды. Шаймалау барысында келесідей (негізгі) реакциялар орын алады:



$$Mr_{(NiO)} = 75 \text{ г/л};$$

$$Mr_{(Ni)} = 59 \text{ г/л};$$

$$Mr_{(HNO_3)} = 63 \text{ г/л};$$

$$Mr_{(H_2SO_4)} = 98,1 \text{ г/л};$$

$$Mr_{(HCl)} = 75 \text{ г/л};$$

Никельдің мөлшері:

$$NiO \rightarrow 75 \text{ г/л} - 1,6 \text{ г}$$

$$Ni \rightarrow 59 \text{ г/л} - x$$

$$x = 1,26 \text{ г (Ni)}$$

Осы мәліметтерді пайдалана отыра қышқылдардың концентрацияларын анықтаймыз:

H₂SO₄ үшін:

$$Ni \rightarrow 59 \text{ г/л} - 1,26 \text{ г}$$

$$H_2SO_4 \rightarrow 98,1 \text{ г/л} - x$$

$$x = 2,1 \text{ г (H}_2\text{SO}_4\text{)}$$

$$300 - 2,1$$

$$1000 - x$$

$$x = 7 \text{ г/л}$$

HNO₃ үшін:

$$Ni \rightarrow 59 \text{ г/л} - 1,26 \text{ г}$$

$$HNO_3 \rightarrow 126 \text{ г/л} - x$$

$$x = 2,69 \text{ г (HNO}_3\text{)}$$

$$300 - 2,69$$

$$1000 - x$$

$$x = 8,97 \text{ г/л}$$

HCl үшін:

$$Ni \rightarrow 59 \text{ г/л} - 1,26 \text{ г}$$

$$HCl \rightarrow 74 \text{ г/л} - x$$

$$x = 1,58 \text{ г (HCl)}$$

$$300 - 1,58$$

$$1000 - x$$

$$x = 5,27 \text{ г/л}$$

Әрі қарай шаймалау үрдісін жүргізу үшін 100 граммға есептелген концентрацияны 40 граммға қайта есептейміз. Қышқылдардың С:Қ қатынасын (3:1) ескере отыра алғандағы (120:40) концентрация мәндері келесідей болады:

H₂SO₄ үшін:

$$300 - 7 \text{ г/л}$$

$$40 - x$$

$$x = 0,93 \text{ г/л}$$

HNO₃ үшін:

$$300 - 8,97 \text{ г/л}$$

$$40 - x$$

$$x = 1,20 \text{ г/л}$$

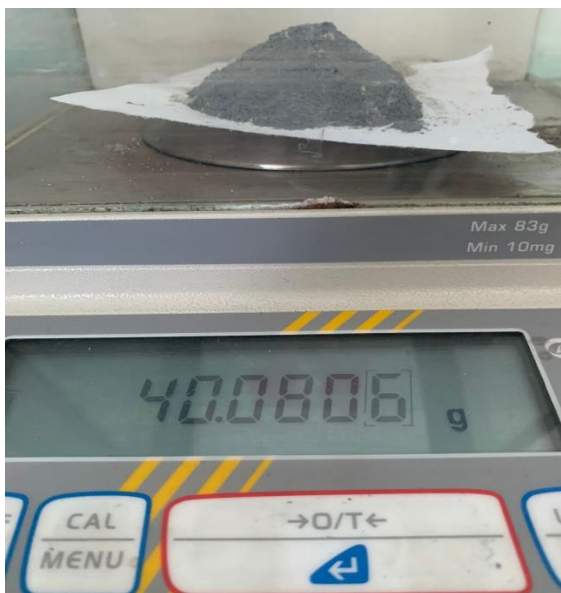
HCl үшін:

$$300 - 5,27 \text{ г/л}$$

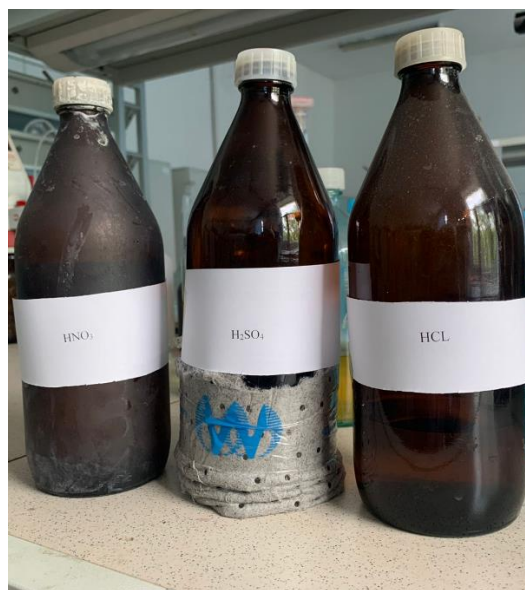
$$40 - x$$

$$x = 0,71 \text{ г/л}$$

Осылайша, шаймалау жұмыстары $C:Қ = 120:40$, қышқылдар концентрациясы $H_2SO_4 = 0,93$ г/л, $HNO_3 = 1,20$ г/л, $HCl = 0,71$ г/л кезінде жүргізілді.



8 Сурет – Сынаманың аналитикалық таразыда өлшенуі



9 Сурет – Шаймалауға алынған бейорганикалық қышқылдар

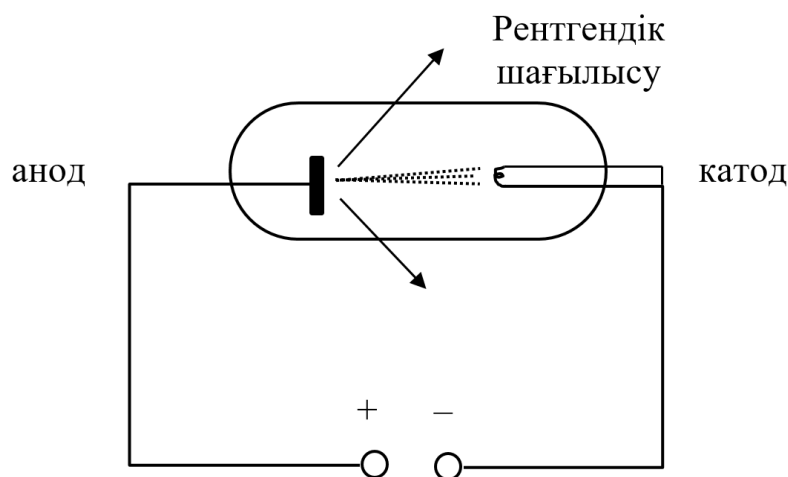


10 Сурет – АҚ лабораториялық жағдайда байтылған магниттік фракциясы

2.1.1 Хризотил-асбест қалдықтарының рентген-фазалық талдау нәтижелері

Кристалды денелердің фазалық құрамын анықтаудың заманауи әдістерінің бірі-рентгендік фазалық талдау әдісі (RFA). РФА кристалды тордағы рентген сәулелерінің дифракция құбылысына негізделген. Сапалық және сандық фазалық талдауды жүргізу үшін заманауи рентген жабдығы – D8 Advance (Bruker) рентгендік дифрактометр қолданылды, бұл талдауды тез және дәл жүргізуге мүмкіндік берді.

Рентгенографиялық талдау жүргізу үшін рентген сәулелерінің көзі болуы қажет. Рентген сәулелерінің қолданылатын көздері электрондар шоғының затпен соқтығысуын пайдаланады. Рентген аппараттарында рентген түтігі сәуле көзі ретінде қызмет етеді (сурет 11).



11 Сурет – Рентген түтігінің жұмыс схемасы

Рентген түтігі-жоғары вакуумға дейін сорылатын шыны ыдыс түрінде келеді. Түтікке екі электрод бекітілген: массивті анод және фокустық құрылғымен қоршалған ағымдағы вольфрам жіптері түріндегі катод. Түтіктің жұмыс принципі келесідей: катодтың жіптері токпен жоғары температураға дейін қызады және электрондар шығарылады. Катод пен анод арасындағы түтіктің ішінде анод бағытында электрондарды тездететін күшті электр өрісі пайда болады [22].

Электрондар мыс немесе (кобальт, темір, молибден және басқалары) металл пластина түрінде жасалған анодпен соқтығысқан кезде, нашар сіңіретін материалдан (мысалы, бериллий) жасалған «терезелерден» шығатын рентген сәулесі жасалады. Рентгенография үшін ең жоғары қарқындылығы бар монохроматикалық сипаттамалық сәуле қызығушылық тудырады – бұл K_{α} сызығы. Рентген түтігінің спектрінен монохроматикалық сәуле алу үшін (белгілі бір толқын ұзындығымен) бұл сызық анод

материалына қарағанда Д.И.Менделеев элементтерінің периодтық жүйесінде реттік нөмірі бір бірлікке төмен болатын металдан жасалған жұқа фольга болып табылатын фильтрдің көмегімен «кесіледі» (кесте 2).

2 Кесте – Кейбір элементтер үшін K_{α} толқын ұзындықтары

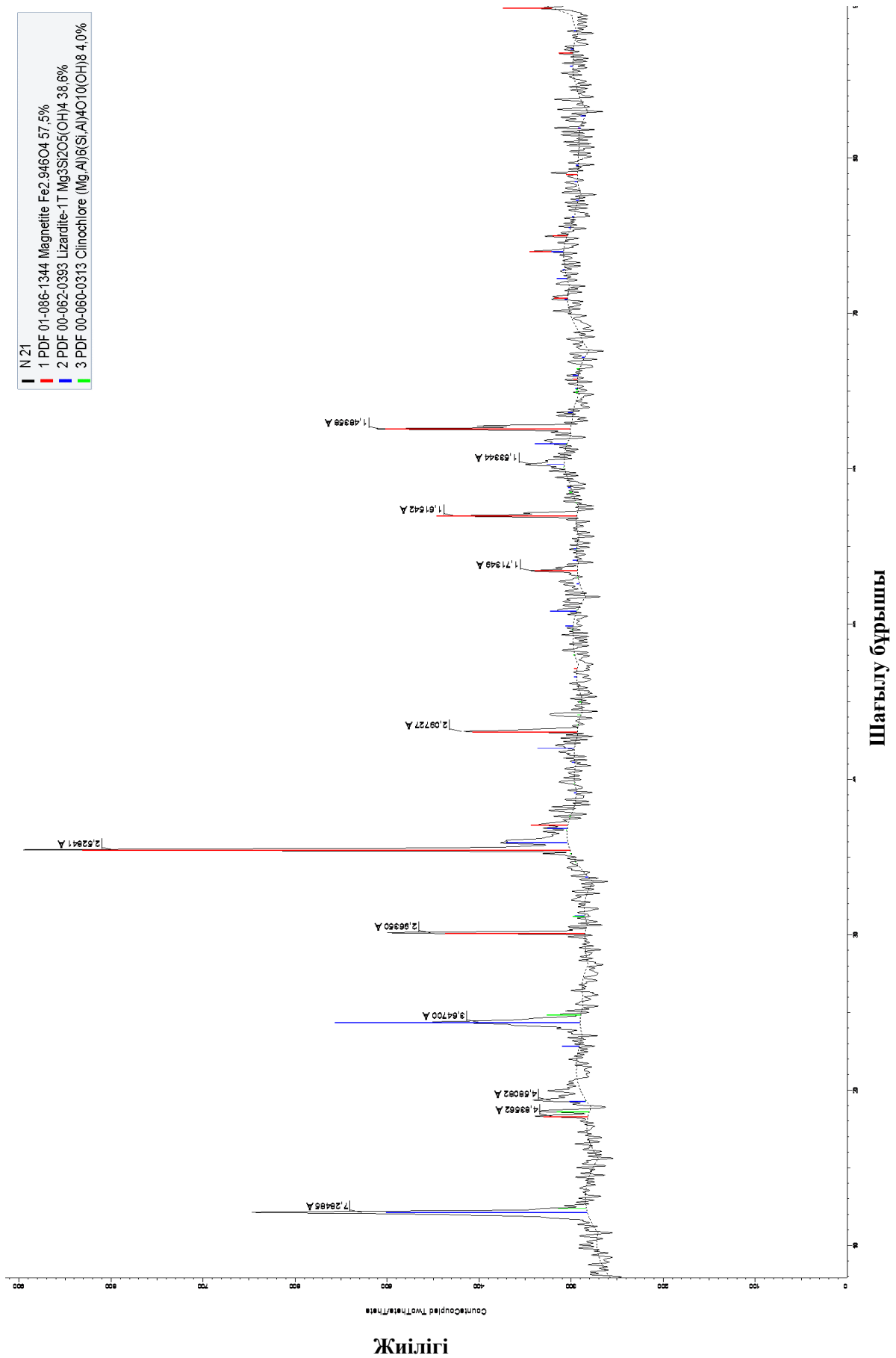
Элемент анода	Элемент фильтра	$\lambda, \text{Å}$		
		$K\alpha_1$	$K\alpha_2$	$K\alpha$
Fe	Mn	1.935970	1.939910	1.9393
Co	Fe	1.788920	1.792780	1.7908
Cu	Ni	1.540510	1.544330	1.5418
Mo	Nb	0.709260	0.713543	0.7107

Рентгенография әдісін қолдана отырып, кристалды заттарды анықтау қосылыстың кристалды құрылымының даралығы оның рентгенографиясының жеке көрінісін анықтайды. Шағылысудың дифракциялық максимумдарының белгілі бір саны және олардың рентгенограммадағы бекітілген орны жазықтықаралық қашықтықтар жиынтығына сәйкес келеді. Бұл жиынтық кристалды заттың физикалық сипаттамасы болып табылады. Дифракциялық максимумдардың қарқындылығы поликристалды үлгінің көптеген сипаттамаларына байланысты (құрылымы және т.б.) және қайталама болып табылады. Рентгенограммалары толығымен сәйкес келетін қосылыстар болмайды [23].

Түсірілімде α -Cu, түтіктегі кернеу 40 кВ, ток 40 мА аппаратында жүргізілді. Алынған дифрактограммалардың деректерін өңдеу және жазықтықаралық қашықтықты есептеу EVA бағдарламалық жасақтамасының көмегімен жүргізілді. Сынамалардың шифрын ашу және фазаларды іздеу 2020 жылғы PDF-2 ұнтақты дифрактометриялық деректер базасын пайдалана отырып Search/match бағдарламасы бойынша жүргізілді.

Фазалық талдау нәтижелерінен никель бойынша Жетіқара кен орнының хризотил-асбест өндіру қалдықтарының негізгі компоненті болып Гарниерит және Бунзеит болып табылатыны анықталды. Олардың пайыздық мөлшері кесте 3-те келтірілген. Аталмыш талдау бойынша әртүрлі көлемдегі үлгілердегі қалдықтардың минералды құрамы бірдей екендігі айқындалды.

12 - суретте көрініп тұрғандай, әр фаза өзіндік кристалды торына ие және оған ғана тән жазықтықаралық қашықтықтар жиынтығымен сипатталады. Бұл жағдайда рентгенограммада үлгінің барлық фазаларында шыңдардың болуын байқауға болады.



12 Сурет – Рентгенфазалық талдау нәтижелерінің

3 Кесте – Магниттік сепарация өнімдерінің бастапқы және байытылған құрамы

Өнімдер	Бастапқы/байытылған құрамы, %					
	MgO	SiO ₂	FeO	CaO	Al ₂ O ₃	NiO
Магниттік бөлігі	9,8/20	7,4/1,5	74/90	1.15/10	5,9/50	1,6/70
Магниттік емес бөлігі	43/92,6	42/90,5	0,8/10	1,3/90	0,55/50	0,2/30

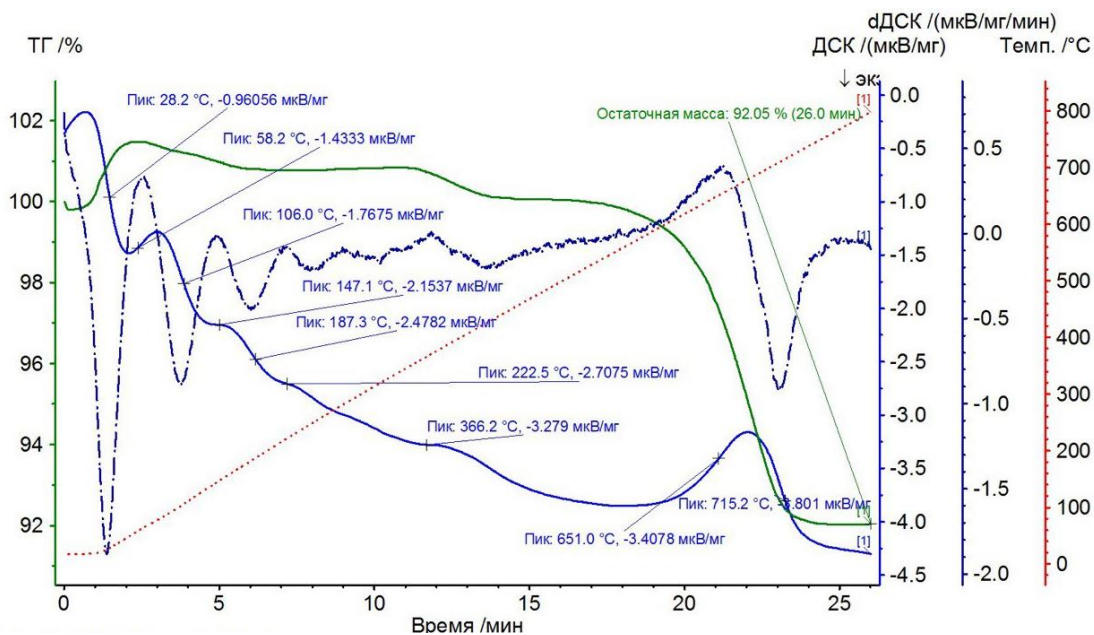
4 Кесте – Магниттік фракцияның фазалық құрамы

Минерал	Формуласы	Мөлшері,%
Гарниерит	$(\text{Ni,Mg})_4\text{Si}_6\text{O}_{15}(\text{OH})_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	35-40
Аварюит	Ni_3Fe	19-27
Азболан	$(\text{Co, Ni})\text{O} \cdot \text{MnO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	3-7
Пентландит	$(\text{Fe, Ni})_9\text{S}_8$	1-3
Бунзеит	NiO	27-35

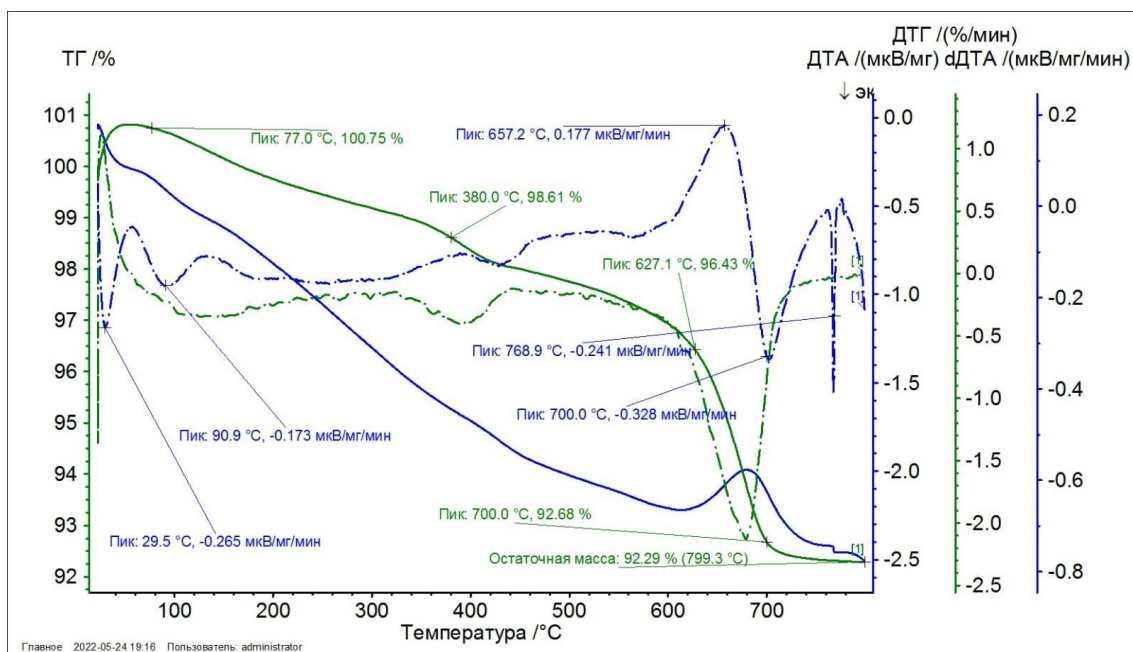
Сынаманың кристалдық бөлігі – 73,5 %, аморфты бөлігі – 26,5 % құрады. Рентгендік құрылымдық талдау нәтижелері сынамаларда никель гарниерит, аварюит, азболан, пентландит, бунзеит түрінде кездесетінін көрсетеді.

2.1.2 Хризотил-асбест қалдықтарының бастапқы және магниттік фракцияларының термогравитметриялық талдау нәтижелері

Термогравиметрия немесе термогравиметриялық талдау – температураға байланысты үлгі массасының өзгеруі тіркелетін термиялық талдау әдісі. Талдаудың бұл әдісі температура өзгерген кезде зерттелетін заттың массасын бақылаудан тұрады. Бұл зерттеуде Жетіқара кең орнынан алынған хризотил-асбест қалдықтарының бастапқы және магниттік фракцияларына термогравиметрлік талдау жүргізілді, ол әр түрлі байланыс энергиясымен ылғал кетуге сәйкес келетін температуралық аймақтарды анықтауға, сондай-ақ ылғал кетіру процесінің режимдік параметрлерін болжауға және оларды дегидратациялаудың неғұрлым тиімді тәсілін таңдауға мүмкіндік берді.



13 Сурет – Жетіқара кен орындарынан алынған хризотил-асбест қалдықтарының термогравиметриялық талдау нәтижелері



14 Сурет – Жетіқара кен орындарынан алынған хризотил-асбест қалдықтарының магниттік фракциясына жасалған термогравиметриялық талдау нәтижелері

Зерттеулер ҚазҰТЗУ-дың МПЖжАМТ лабораториясының синхронды термиялық талдау аспабында (NETZSCH, Германия) жүргізілді. Аспап зат массасының және жылу ағынының айырмашылығын құрамында үлгісі бар тигель мен құрамында зерттелетін заттың эталоны бар тигельдің

өзгеруін тіркеп отырады. Талдағыштың жұмыс істеу принципі берілген газ атмосферасындағы таңдалған температуралық бағдарламаға сәйкес материалдың массасының уақытқа немесе температураға тәуелділігін үздіксіз тіркеуге негізделген. Бір мезгілде фазалық өзгерістерге немесе химиялық реакцияларға негізделген үлгімен жылу бөлінуі немесе сіңірілуі тіркеледі [24].

Зерттеу жұмыстары келесідей жағдайларда жүргізілді: қысым – атмосфералық, ең жоғары температура 800 К, өлшеу атмосферасы азот ортасында жүргізілді (белсенді газдың шығыны 50 мл/мин, қорғаныш 20 мл/мин). Тәжірибелер жалпы салмағы 12 мг болатын алюминий тигельдерде жүргізілді. Алынған TG және DTG қисықтарын өңдеу үшін Proteus бағдарламалық жасақтамасы пайдаланылды.

Алынған деректерге жүргізілген талдау хризотил-асбест қалдықтарының бастапқы және магниттік фракцияларына термиялық әсер ету кезінде суды дегидратациялау кезеңдерін бөліп көрсетуге және құрғақ заттарды түрлендіру, сондай-ақ әртүрлі нысандағы және байланыс энергиясы бар ылғалдың босатылуына сәйкес келетін температуралық аймақтарды анықтауға мүмкіндік берді.

Термиялық талдағыштың жұмыс істеу принципі материалдың салмағының өзгеруіне байланысты уақыттан немесе оны қыздырған кездегі таңдалған температуралық бағдарламаға сәйкес берілген газ атмосферасындағы температураның өзгерісін үздіксіз тіркеуге негізделген. Бір мезгілде фазалық өткелдермен немесе химиялық реакциялармен жылудың үлгімен жұтылуына немесе бөлінуіне байланысты өзгерістері тіркеледі.

Сурет 13 және 14-те термогравиметрлік талдау барысында алынған нәтижелер көрсетілген: TG материал массасының өзгеру қисығы, DTG материал массасының өзгеру жылдамдығының қисығы. Екі сынаманың TG қисықтарынан көрініп тұрғандай, материалдарды қыздыру процесінде үлгі массасының 627 °С-тан бастап қарқынды түрде дегидратациялану үрдісі басталып, 700 °С-қа жеткен кезде сусызданудың баяулайтыны байқалады, бұл ылғалдың жоғалуымен байланысты. Сондай-ақ, 0-627 °С аралығында массаның жоғалуы 3,6 % құраса, 627-700 °С аралығында 4 % құрады.

2.1.3 Хризотил-асбест қалдықтары бөлшектерінің меншікті беттігі мен орташа өлшемдерінің талдау нәтижелері

Хризотил-асбест қалдықтары бөлшектерінің меншікті беттігі мен орташа өлшемдерінің талдау жұмыстары ПСХ-12 зертханалық құрылғысында жүргізілді. Аталмыш құрылғыда барлық өлшеулер мен есептеулер автоматтандырылған, бұл өз кезегінде субъективті қателік факторларын болдырмайды.

ПСХ-12 құрылғысының техникалық сипаттамалары:

- Меншікті беттікті өлшеу диапазоны, см²/г 200 – 50,000
- Бөлшектердің орташа мөлшерін өлшеу диапазоны, мкм 0,5 – 250
- Газ өткізгіштік коэффициенті, D 0.001 – 10
- Аппаратуралық қателік, ± 1 %-дан артық емес
- Қуатты тұтыну (220 В ; 50 Гц), Вт 30
- Қаптама өлшемдері, мм 350x400x550

5 Кесте – Қайта өлшеу нәтижелері

Ұнтақтың тығыздығы, г/см ³	2,80
Ұнтақ салмағы, г	15,00
Ұнтақ қабатының биіктігі, мм	24,5
Кеуектілік	0,47
Меншікті беті, см ² /г	2332
Бөлшектердің орташа мөлшері, мкм	9,2
<i>Абсолютті қателік (n>3 өлшеуден):</i>	
меншікті бетінің, см ² /г	± 6
бөлшектердің орташа мөлшерінің, мкм	± 0,0
<i>Салыстырмалы қателік (n>3 өлшеуден)</i>	
меншікті беттігінің, %	± 0,2
бөлшектердің орташа мөлшері, %	± 0,2

ПСХ-12 аспабының жиынтығына келесілер кіреді:

- 1) өлшеу блогы.
- 2) зерттелетін ұнтақты орналастыруға арналған Плунжері бар кювет.
- 3) қосымша PSH-12(sp) үшін кеуекті үлгі үшін кювет.
- 4) сүзгіш-Астарларды дайындауға арналған тескіш.
- 5) аспапты мерзімді жедел бақылауға және тексеруге арналған аспапқа кіріктірілген бақылау эталоны.
- 6) қуат көзі бар NOTEBOOK.

7) оптикалық тінтуір.

8) ПСХ-12 бағдарламалық қамтамасыз етуі бар CD-диск.



15 Сурет – Көпфункционалды аспап ПСХ - 12 SP

Талдау нәтижелері байытылған магниттік фракцияның ұнтақ бөлшектерінің орташа көлемі мен меншікті беттігінің өлшемдері біркелкі екені анықталды. Сынаманың барлық көлемінде ұнтақтағы бөлшектердің орташа мөлшері 9,2 мкм-ге тең болса, меншікті беттігі орта есеппен 2332 см²/г тең болды.

Кесте 6 – Бөлшектерінің меншікті беттігі мен орташа өлшемдерінің талдау нәтижелері

Меншікті беттігі, см ² /г	Бөлшектердің орташа мөлшері , мкм
2332	9,2

2.1.4 Хризотил-асбест қалдықтарын шаймалау үрдісінің термодинамикасын зерттеу

Физика-химиялық процестерді термодинамикалық зерттеудің мақсаты – жүйенің бастапқы және соңғы (тепе-теңдік) күйлерінің термодинамикалық сипаттамаларын зерттеу және салыстыру болып табылады.

Реакцияның жүру кезінде жылу шығару (теріс ΔH мәндері) процестің өздігінен жүруіне ықпал етеді. Реакция барысында энтропияның жоғарылауы бірдей әсерге әкеледі. Бірақ ΔH және ΔS оң және теріс мәндерге

ие болуы мүмкін болғандықтан, процестің қай бағытта жүретінін алдын-ала айту қиын [25].

7 Кесте – Никельқұрамды асбест қалдықтарын шаймалау үрдісі реакцияларының стандартты еркін энергиясы (ΔG° , кДж)

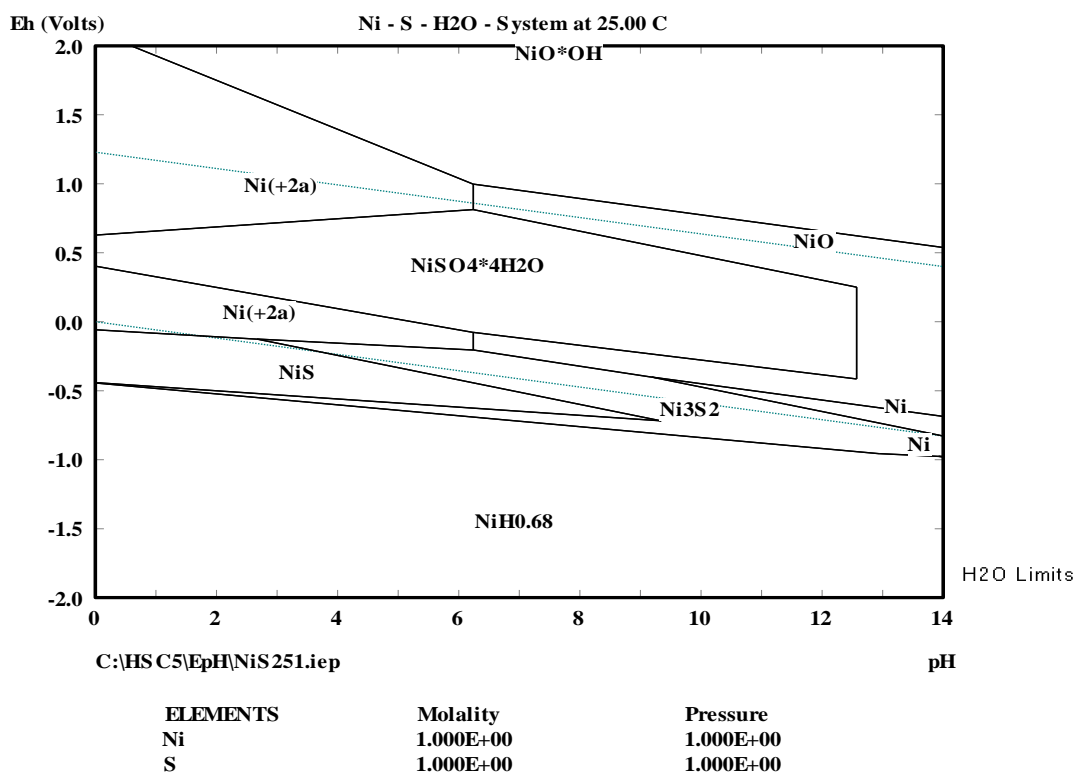
Реакция		Температура, К			
		298	323	348	363
		ΔG° , кДж			
H ₂ SO ₄	NiO + H ₂ SO ₄ = NiSO ₄ + H ₂ O	- 97,977	- 97,376	- 96,759	- 96,381
HNO ₃	NiO + 2HNO ₃ = Ni(NO ₃) ₂ + H ₂ O	- 86,817	- 84,445	- 81,712	- 79,909
HCl	NiO + 2HCl = NiCl ₂ + H ₂ O	- 30,173	- 32,611	- 34,808	- 36,778

Никель оксидінің еру үрдісінің термодинамикалық мүмкіндігі мен сипаттамасын жасау үшін термодинамикалық есептеулер OUtOKUMPU компаниясының HSC Chemistry 5.0 термодинамикалық есептеулер бағдарламасы көмегімен орындалды (кесте 7).

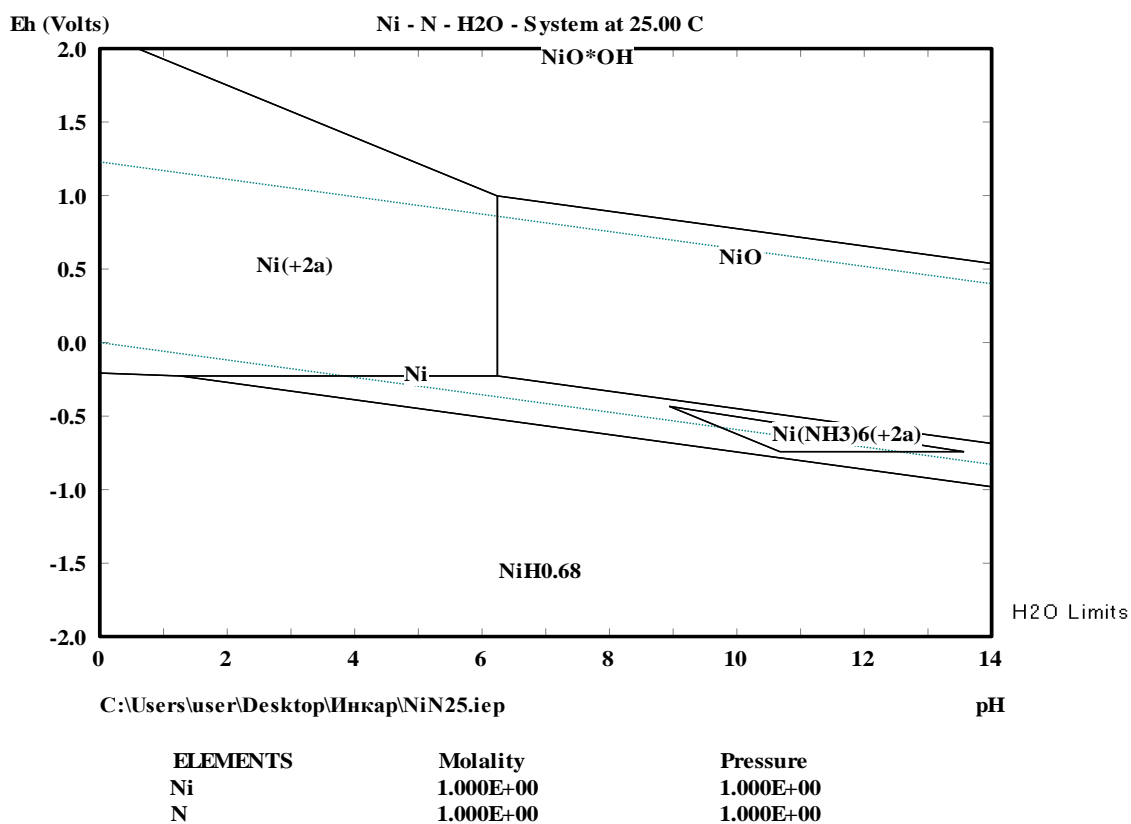
Стандартты еркін энергияның мөлшері күкірт қышқылы, тұз қышқылы және азот қышқылдары арқылы шаймалау кезінде серпентинді минералдардың құрамындағы никельді шаймалау мүмкіндігін көрсетеді.

Үрдістің термодинамикалық мүмкіндігі азот қышқылы мен тұз қышқылымен салыстырғанда күкірт қышқылымен шаймалау кезінде жоғарырақ болатыны анықталды. Никель оксиді күкірт қышқылында еріген кезде никель сульфаты қалыптасады, оның қалыптасу потенциалы азотты және хлоридті ерітінді қалыптастыру мүмкіндігінен әлдеқайда көп [29].

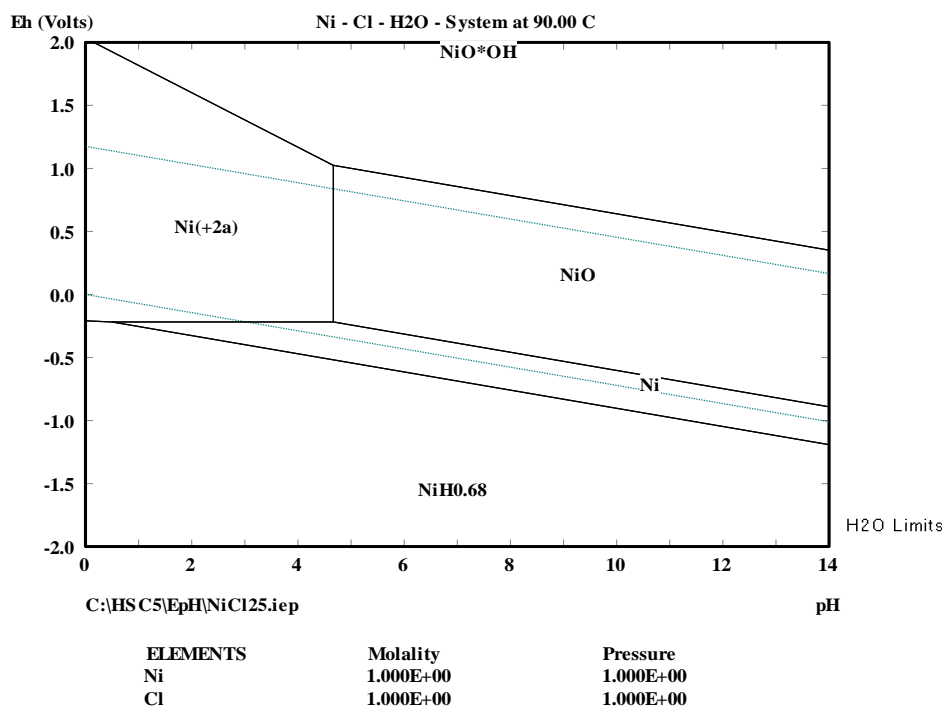
Төменде келтірілген «Ni-Cl-H₂O», «Ni-S-H₂O», «Ni-N-H₂O», жүйелерінің Eh-pH диаграммалары никель оксидінің шаймалау үрдісін жүргізу үшін қолайлы pH аймағын көрсетеді. Төмендегі Пурбэ диаграммаларында көрініп тұрғандай «Ni-S-H₂O» жүйесінде pH=0-6,2; «Ni-N-H₂O» жүйесінде pH=0-6,5; «Ni-Cl-H₂O» жүйесінде pH=0-4,8 аралығында никель иондық түрде болады. Барлық жүйеде pH көрсеткіші 9,0-дан асқан кезде никель гироксиді түзілетінін көруге болады. Жүйедегі тотығу потенциалы Eh = -1,0 – 0 аралығында, pH мәні 0-14 кезінде үш жүйеде де NiH_{0,68} орын алатынын көре аламыз.



16 Сурет – «Ni-S-H₂O» жүйесінің Eh-pH диаграммасы



17 Сурет – «Ni- N -H₂O» жүйесінің Eh-pH диаграммасы



18 Сурет – «Ni- Cl -H₂O» жүйесінің Eh-pH диаграммасы

2.2 Асбест қалдықтарынан азот, күкірт және тұз қышқылдарымен никельді шаймалауға әртүрлі параметрлердің әсерін зерттеу

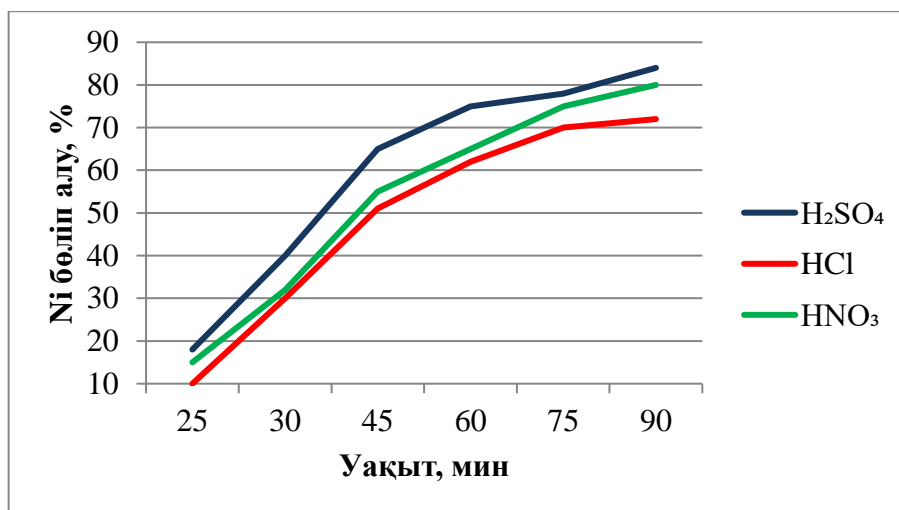
Магниттік фракция үлгілерінен никельді бөліп алу үшін шаймалау тәжірибелері HCl, H₂SO₄, HNO₃ әртүрлі концентрацияларында (80, 90, 100 және 110 % стехиометриядан), сұйық/қатты (С:Қ) қатынастарында (1:2, 1:3, 1:4), және температура (25, 50, 75, 90 °С) мен уақыттың (25, 50, 75 және 90 мин) әсерімен жүргізілді. Еріту жылдамдығы күтілгендей сыртқы әсерлердің, оңтайлы жағдайлардың өзгеруімен ауысып отырады.

Осы сынақтардың нәтижелері (сурет 19, 20 және 21) никельдің еру пайызы қышқыл концентрациясының жоғарылауымен де, Қ:С және уақыт арақатынасымен де артады. Сонымен қатар, алынған нәтижелер Қ:С қатынасының жоғары коэффициенттерінде үлгілердің еруінің жоғары дәрежесіне қол жеткізу үшін ұзақ уақыт қажет екенін көрсетеді.

2.2.1 Шаймалау ұзақтығының әсері

Шаймалау уақытының шаймаланатын никельге (%) әсерін зерттеу үшін әртүрлі уақыт кезеңдерінде бірқатар тәжірибелер жүргізілді. Сурет 19-да көрсетілген нәтижелерге сәйкес, уақыттың жоғарылауымен

шаймаланатын никельдің де мөлшері артатыны анықталды. Тәжірибелер келесі жағдайларда жүргізілді: сұйық / қатты қатынасы 3 :1; $T = 90\text{ }^{\circ}\text{C}$ үшін қышқылдардың стехиометриялық шығыны 100 %. Шаймалау процестерінің нәтижелері сурет 19-да көрсетілген.



19 Сурет – Магниттік фракциядан никельді бөліп алуға үрдіс ұзақтығының әсері

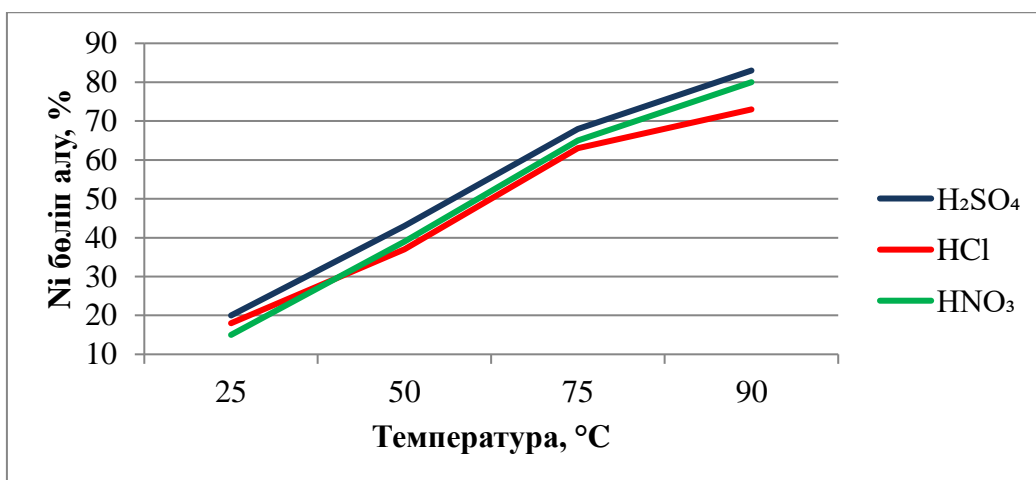
Суретте көрініп тұрғандай, үрдістің жүргізілу уақыты ұзарған сайын сыналған әр қышқылда да жоғары реакция жылдамдығын береді. Шаймалау уақытының жоғарылауымен никельді бөліп алу дәрежесі күкірт қышқылында 18-ден 84 %-ға дейін артады. Тұз қышқылы күкіртке қарағанда никельді баяуырақ ерітеді, оның бөліп алу дәрежесі 10-нан 72 %-ға дейін артады. Ал азот қышқылының көрсеткіштері 15-тен 80 %-ға дейін артқанын көруге болады.

2.2.2 Шаймалау температурасының әсері

Температураның никельді шаймалауға әсерін зерттеу үшін 25-90 °C аралығындағы температурада бірқатар тәжірибелер жүргізілді. Тәжірибелер келесі жағдайларда жүргізілді: шаймалау уақыты 90 мин; сұйық/қатты қатынасы 3:1; стехиометрия бойынша қышқыл шығыны 100 %. Шаймалау процестерінің нәтижелері сурет 20-да көрсетілген.

Сурет 20-да келтірілген бұл нәтижелер никельдің шаймалану дәрежесі температураның жоғарылауымен артатынын, соның әсерінен шаймалағыш ерітіндінің тұтқырлығы төмендейтінін, реактивті иондардың қозғалғыштығы және шаймалану жылдамдығының артатынын көрсетеді.

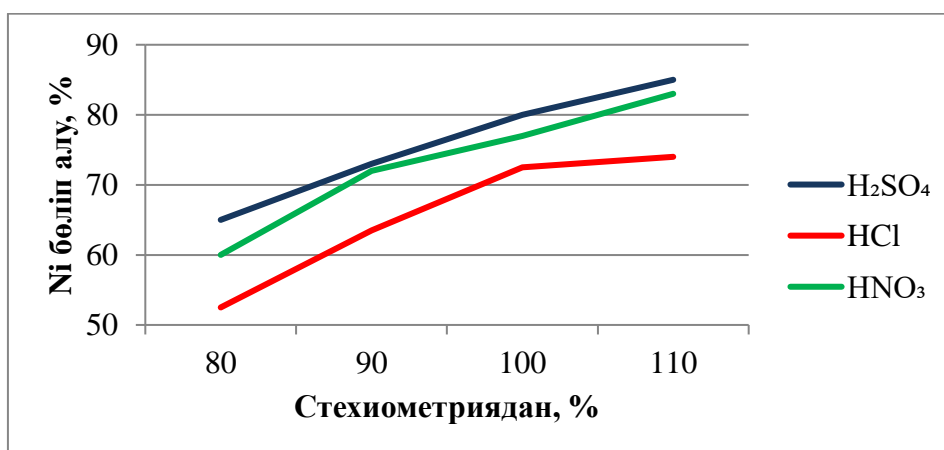
Графикте көрініп тұрғандай, температура 25 °С-қа тең кезде бөліп алу дәрежесі HCl үшін 10, HNO₃ үшін 15, H₂SO₄ үшін 18-ге тең болса, 90 градуста сәйкесінше 72, 80, 84 болды.



20 Сурет – Температураның магниттік фракциядан никельді бөліп алуға әсері

2.2.3 Қышқыл көлемінің әсері

Бұл процестің міндеті – магниттік фракцияны қышқылмен шаймалау үшін қышқыл көлемінің әсерін зерттеу болып табылады. Үрдістің тиімділігін бағалау үшін, оңтайлы жағдайлар ерітіндідегі никельдің мөлшеріне тәуелді болды. Тәжірибелер келесі жағдайларда жүргізілді: шаймалау уақыты 90 мин.; сұйық/қатты қатынасы 3:1. Қышқылдың концентрациясы 80 % бен 110 % аралығында өзгертіліп отырылды. Нәтижелер 21-сурет көрсетілген.



21 Сурет – Магниттік фракциядан никельді бөліп алуға қышқыл көлемінің әсері

Зерттеу нәтижелері қышқылдардың ағын жылдамдығының жоғарылауымен магниттік фракциядан никельді бөліп алу дәрежесі мен ерітіндідегі никель мөлшері артатынын көрсетті. Алайда, қышқыл стехиометриядан >120 % тұтынылған жағдайда гидрогельдердің пайда болуына әкеп соғуына байланысты целлюлозаның сүзу жылдамдығын едәуір төмендететіндігін анықталды. Оңтайлы нәтижелер сүзу жылдамдығы қышқылды стехиометриядан 100 % қолдану кезінде мұқият бақылап отыру нәтижесінде алынады. Осылайша, никельді бөліп алудың жоғары деңгейіне қол жеткізуге болады. Демек, тәжірибені стехиометриядан қышқылдың 100 % тұтынылуымен өткізу керек. Осы жағдайда үш қышқылдың бөліп алу дәрежесінің ең жоғары көрсеткіштері күкірт қышқылында 85 %, азот қышқылында 83 %, тұз қышқылында 74 %-ға тең болды [30].

2.2.4 Сұйық/қатты қатынасының әсері

Сұйық/қатты қатынасының шаймаланатын магниттік фракцияға әсерін зерттеу үшін қатты/сұйық қатынасы 1:1-ден 1:4 аралығында бірқатар тәжірибелер жүргізілді. С:Қ арақатынасының жоғарылауы никельді ерітіндіге бөліп алуға көп әсер етпейтінін көрсетеді. Кесте 8-де көрсетілгендей, С:Қ = 3:1 қатынасы оңтайлы болып келеді, С:Қ қатынасын одан әрі жоғарылатудың қажеті жоқ, өйткені ол сұйылтылған ерітіндідегі материалдың шығынын едәуір арттырады.

Сұйық/қатты қатынасы жоғары болған кезде никель концентрациясы төмен болады, бұл никель өндірісінің келесі кезеңдерінде булану үшін жоғары энергияны қажет етеді. Екінші жағынан, сұйық/қатты қатынасы төмен болған кезде алынған ерітінді қанықтырылады. Шаймалау ерітіндісі экстракцияға жіберіледі.

8 Кесте – Қатты/сұйық қатынасының магниттік фракциядан Ni бөліп алуға әсері

С:Қ қатынасы	Ni бөліп алу дәрежесі, %		
	H ₂ SO ₄	HCl	HNO ₃
1:1	30	30	30
1:2	65	60	63
1:3	83	72	80
1:4	83	72	80

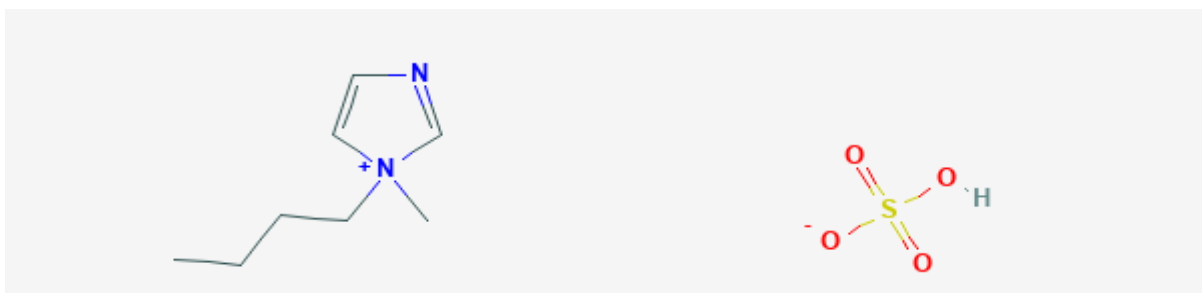
С:Қ қатынасы 1:1 кезінде бөліп алу дәрежесі барлық жағдайда бірдей болды, ал 1:3 кезінде күкірт қышқылы үшін 83, тұз қышқылы үшін 72, азот қышқылы үшін 80 % құрады. Жасалған сынақтардың нәтижесінде никельді

күкірт қышқылымен шаймалағанда никельді бөліп алу дәрежесі басқа бейорганикалық қышқылдарға қарағанда басымырақ болуына байланысты, әрі қарай зерттеу жұмыстарын жүргізу үшін H_2SO_4 таңдап алынды.

Шаймалау нәтижелерін және қышқылдың барынша іске асырылуы мен материалдың максималды өткізу қабілеттілігін және жабдықты кәдеге жаратуды ескере отырып, никельді бөліп алып, әрі қарай өңдеу үшін және шаймаланған ерітіндінің жеткілікті мөлшерін алу үшін H_2SO_4 стехиометриялық шығыны 100 %, үрдістің температурасы $90\text{ }^\circ\text{C}$, жүргізілу уақыты 90 минут, С:Қ қатынасы 3:1 болып таңдалды.

2.3 Хризотил асбест қалдықтарынан никельді шаймалауға иондық ерітінділердің әсерін зерттеу

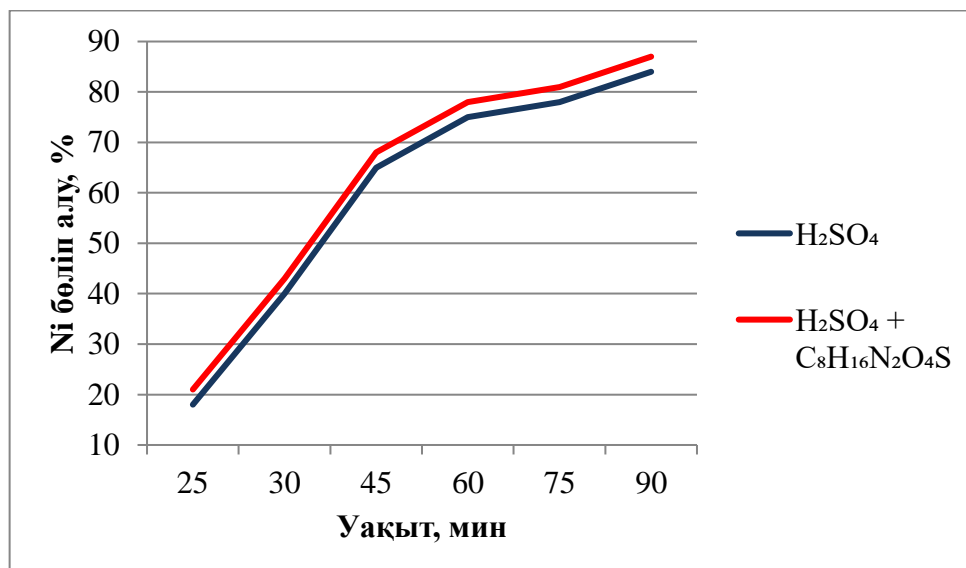
Асбест қалдықтарынан никельді шаймалауға иондық ерітінділердің әсерін зерттеу үшін аталған қышқылға $C_8H_{16}N_2O_4S$ (1-бутил-3-метилимидазолий гидросульфаты) иондық ерітіндісі таңдалып, жасалған тәжірибелер қайта жасалынды.



22 Сурет – $C_8H_{16}N_2O_4S$ иондық ерітіндісінің құрылымы

Жұмыс нәтижелері төменде келтірілген. Процестің тиімділігін анықтау мақсатында нәтижелер бейорганикалық қышқылдардың арасынан тиімді болып таңдалған күкірт қышқылының көрсеткен нәтижелерімен салыстырылып отырады.

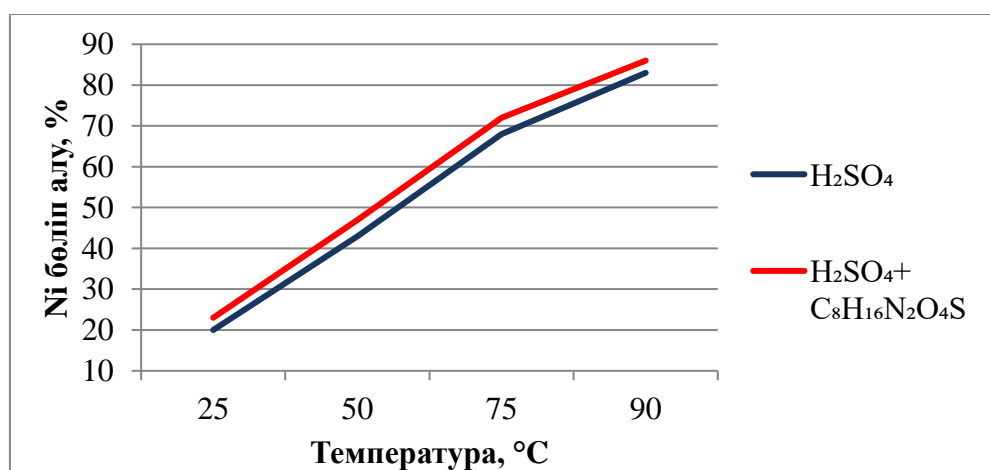
Шаймалау ұзақтығының әсері. Никельді асбест қалдықтарының магниттік фракциясынан иондық ерітінділермен шаймалауға уақыттың әсерін зерттеу үшін тәжірибелер келесі жағдайларда жүргізілді: сұйық / қатты қатынасы 3:1; $T = 90\text{ }^\circ\text{C}$ үшін күкірт қышқылының стехиометриялық шығыны 100 %. Үрдіс нәтижелері төменде көрсетілген.



23 Сурет – Магниттік фракциядан никельді иондық ерітіндімен бөліп алуға үрдіс ұзақтықтың әсері

Графиктен көрініп тұрғандай, қышқылға иондық ерітіндіні қосқан кезде әр 25 минут сайын бөліп алу дәрежесі 3 % артып отырады.

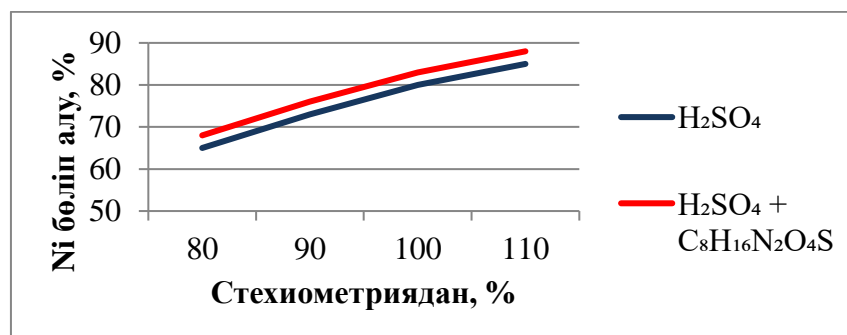
Шаймалауға үрдіс температурасының әсері. Иондық ерітінділермен шаймалауға температураның әсерін зерттеу үшін 25-90 °С аралығына бірнеше тәжірибелер жүргізілді. Тәжірибелердің параметрлері келесідей болды: шаймалау уақыты 90 мин; сұйық/қатты қатынасы 3:1; стехиометрия бойынша күкірт қышқылының шығыны 100 %. Үрдіс нәтижелері сурет 24-те көрсетілген.



24 Сурет – Температураның магниттік фракциядан никельді иондық ерітіндімен бөліп алуға әсері

Суретте көрсетілгендей, бұл кезде де күкірт қышқылына иондық ерітінділердің қосылуымен жүргізілген тәжірибелер алдыңғы зерттеулердегідей нәтижелер көрсетті. Яғни бөліп алу дәрежесі бар жоғы 3-4 %-ға ғана артып отырды.

Никельді иондық ерітінділермен бөліп алуға қышқыл көлемінің әсері. Үрдістің бейорганикалық қышқылдармен шаймалауға қарағандағы тиімділігін анықтау мақсатында, анықталған оңтайлы параметрлер келесідей болды: шаймалау уақыты 90 мин.; сұйық/қатты қатынасы 3:1. Қышқылдың концентрациясы алдыңғы жасалынған тәжірибелердегідей 80 % бен 110 % аралығында өзгертіліп отырды. Нәтижелер сурет 24-те көрсетілген.



25 Сурет – Магниттік фракциядан никельді иондық ерітіндімен бөліп алуға қышқыл көлемінің әсері

Тәжірибені стехиометриядан қышқылдың 80-100 % тұтынылуымен өткізу барысында бөліп алу дәрежесінің ең жоғары көрсеткіштері бұл жағдайда да 100 % кезінде болды. Бейорганикалық қышқыл мен иондық ерітінді қосылған сынамаларды қолданған тәжірибелердің нәтижесінде тек 3 % айырмашылық байқалды.

Сұйық/қатты қатынасының әсері. Никельді ерітіндіге бөліп алуға сұйық/қатты қатынасының әсерін зерттеу үшін жасалған жұмыстар келесідей параметрлерде өтті:

- күкірт қышқылының стехиометриялық шығыны 100 %,
- процесс температурасы 90 °С,
- жүргізілу уақыты 90 минут.

Кесте 9-да көрініп тұрғандай, иондық ерітіндіні қолданған кездегі никельді бөліп алу дәрежесі күкірт қышқылының өзін қолданған жағдайдан 3 % артып отырды.

9 Кесте – Қатты/сұйық қатынасының магниттік фракциядан Ni бөліп алуға әсері

С:Қ қатынасы	Ni бөліп алу дәрежесі, %	
	H ₂ SO ₄	H ₂ SO ₄ + C ₈ H ₁₆ N ₂ O ₄ S
1:1	30	32
1:2	65	68
1:3	83	86
1:4	83	86

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Магниттік фракциядан никельді бөліп алу үшін иондық ерітінділердің әсерін бағалау үшін қолайлы жағдайлар бейорганикалық қышқылдардың шаймалау процесіне әсер ететін негізгі факторларын таңдау арқылы, атап айтқанда, шаймалау уақытын, шаймалау ерітіндісінің температурасын, қышқыл шығынын зерттеу арқылы анықталды.

Сыналған барлық қышқыл да экстракциялауға жарамды болды. Сондай ақ, концентрациясы мен температурасы жоғарырақ қышқылдың никельді бөліп алу кезінде өнімділігі басымырақ болды. Күкірт қышқылы тұз қышқылы мен азот қышқылына қарағанда никельдің көбірек мөлшерінің шаймалануын қамтамасыз ететіні анықталды.

Таңдалған тиімді параметрлерді иондық ерітінділермен шаймалау үрдісіне пайдалану барысында алынған нәтижелер Ni бөліп алу дәрежесі небәрі 3 – 4 % артатыны анықталып, ғылыми қызығушылық танытқан бұл әдістің тиімділігі төмен екендігі анықталды.

3 Экономикалық бөлім

3.1 Зерттеу жұмысын жүргізуге жұмсалған шығындарды есептеу

Зерттеу жұмыстарын жүргізуге жұмсалған шығындарды келесі формуламен есептейміз:

$$Ш_{зөк} = Ш_{нкш} + Ш_{эш} + Ш_{ж} \quad (5)$$

$Ш_{зөк}$ – зерттеудің өзіндік құны;

$Ш_{нкш}$ – негізгі және қосалқы материалдар шығыны;

$Ш_{эш}$ – электрэнергия шығыны;

$Ш_{ж}$ – жалақы.

3.2 Негізгі және қосалқы материалдар шығынын есептеу

Тәжірбиелік жұмыста: зертханалық әртүрлі пішін мен өлшемдегі колбалар, пипеткалар, химиялық стакандар мен аналитикалық таразы сияқты әртүрлі ыдыстар мен жабдықтар қолданылды.

10 Кесте – Негізгі және қосалқы материалдар шығыны

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

Ыдыс шығындарының амортизациялық есебін, тәжірибе жүргізуге арналған қосымша және негізгі материал шығыны нәтижелерін төмендегі кестелерден көруге болады. Есептеу нәтижелері төмендегі кестелерде келтірілген.

11 Кесте – Ыдыс шығындарының амортизациялық бағасы

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

3.3 Электроэнергияға кеткен шығынды есептеу

Электр тоғын қолданатын аспаптар:

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

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

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

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

3.4 Техничко - экономикалық көрсеткіштер

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

12 Кесте – Ғылыми - зерттеу жұмысының технико - экономикалық көрсеткіштері

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

Зерттеу жұмыстарына кеткен шығын, тг: 2739,8.

4 Қауіпсіздік және еңбекті қорғау

4.1 Никель өндірісінің зиянды және қауіпті өндірістік факторлар анализі

Никель халық шаруашылығында өте кең қолданылады, табиғатта кең таралған және адам ағзасының құрамына кіретін маңызды микроэлементтердің бірі болып табылады. Бірақ теріге және тыныс алу жүйесіне таза түрінде де, қосылыстардың құрамында да енген никель адамдарға зиян келтіреді, ол өткір және созылмалы улануды тудыруы мүмкін.

Никельдің зияны оның мөлшері қажетті немесе өте аз мөлшерден асып кететіндігінде ғана емес. Оның уыттылығы, ең алдымен, оның оң валенттілікке ие (Ni^{2+}) бос иондарының сіңуімен байланысты. Олар дененің тіндерімен жоғары дәрежеде байланысады да молекулалық пен күрделі қосылыстарға қарағанда жоғары уыттылық пен канцерогенділікті көрсетеді.

Никельдің адам ағзасына уытты әсері көбінесе келесілердің әсерінен болады:

- никель тетракарбонилінің буларын ингаляциялау (жоғары уытты ұшпа қосылыс)

- металл заттың терімен ұзақ уақыт жанасуынан (соның ішінде зергерлік бұйымдарды кию).

Никельдің әсері денеге ұзақ әсер еткенде ең қауіпті болады. Никельдің артық болуы нуклеин қышқылдарына әсер етеді, ал канцерогендік әсер көбінесе өкпе мен бронхтың қатерлі ісігімен көрінеді. Сондай-ақ, осы заттың жоғары концентрациясы бар өндірісте жұмыс істейтін адамдарда мұрынның, бас сүйегінің қосалқы синустарының және жоғарғы және төменгі тыныс жолдарының жанында орналасқан басқа органдардың қатерлі ісігі қауіпі жоғары [16].

Болаттың немесе қорытпаның кристалдық торымен байланысқан, қоймада сақталатын, адам денесімен тікелей жанаспайтын металл никель қауіпсіздік техникасының негізгі ережелерін орындау және сақтау орындары ұйымдастырылған кезінде денсаулыққа зиян келтірмейді.

Заманауи тиісті бақылау және еңбекті қорғау бөлімі бар өндіріс орындарында никель мен оның қосылыстарының кез-келген уытты әсерін оқшаулағыш респираторлар, сүзгіш шланг газ маскалары мен жұмыс киімдері арқылы реттеп алдын алуға болады. Ол үшін жұмысшылар арнайы пасталар мен майларды қолдануы керек, қолдың терісі арнайы қосылыстармен өңделуі керек, бірақ ең бастысы – бұл қол еңбегін жою, әсіресе электролиз ванналарынан бөлшектерді тиеу және түсіру және механикаландыруды өндірісте мүмкіндігінше кеңінен қолдану қажеттілігі болып табылады.

Созылмалы интоксикацияның алдын-алудың өте маңызды құралы- мерзімді медициналық тексерулер, сондай-ақ никель қосылыстарымен арнайы тері сынақтарын қолдану. Скринингтік диагностика ретінде мұрын қуысының рентгенографиясы, өндірістегі онкологтың жыл сайынғы кеңестері жүргізілуі керек.

4.2 Электр қауіпсіздігін қамтамасыз ету

Электр қауіпсіздігі жүйесінің негізгі міндеті – электр тогының адамға зиянды әсерін толығымен жою. Адамдардың электр тогымен зақымдануының алдын алу шаралары электр жабдығы мен кернеудегі қондырғылардың кез келген бөліктерін қоршауды және оқшаулауды қамтиды.

Сондай-ақ, кәсіпорындарда ережелер мен нормаларға сәйкес мүмкін болатын және қажет жерде шағын кернеуді қолдану ұйымдастырылуы керек.

Барлық металл конструкциялар мен кабельдерді жерге тұйықтау немесе нөлдеу, сондай-ақ жеке және ұжымдық электр қорғау құралдарын пайдалану міндетті шара болып табылады.

Сондай-ақ, ұйымдастыру шараларына электр қондырғыларындағы мамандардың жұмысы кезінде электрмен жұмыс істеуге рұқсат беру және қадағалау шаралары жатады [32].

Мынадай конструкциялар мен элементтер жерге тұйықтау немесе нөлденуге тиістілерге келесілер жатады:

- техникалық құралдар мен жабдықтардың металл корпустары;
- электржетектер;
- трансформаторлардың қайталама орамалары;
- басқару қалқандарының, шкафтардың және т. б. қаңқалары;
- жылжымалы электр қондырғылары мен жабдықтары;
- басқа кабельдік және металл конструкциялар.

Жерге тұйықтау және нөлдеу монтаждан кейін бірден, пайдалану кезінде жылына кемінде 1 рет, сондай-ақ жүргізілген жөндеуден кейін аспаптық тексеруден өтуі тиіс. Кез келген электр жабдығы қауіпсіздік талаптарына жауап беруі және қызмет көрсетуші персонал электр тогы мен электр магниттік өрістердің кез келген әсерінен қорғалатындай етіп орындалуы тиіс. Жоғарыдағы стандарттарда белгіленген электр қауіпсіздігінің барлық қажетті талаптарының толық орындалуын қамтамасыз ету үшін бақылау келесі кезеңдердің кез-келгенінде жүргізілуі керек:

- жобалау кезінде;
- жабдықты дайындау және оны монтаждау кезінде (сынақтар жүргізуді және электр жабдығын пайдалануға беруді қоса алғанда).

ҚОРЫТЫНДЫ

Жітіқара кен орнын елу жылдан астам пайдалану нәтижесінде (Қостанай облысы, Қазақстан) 300 миллион тоннадан астам асбест қалдықтары жинақталған. Құрамында 0,2-0,25 % NiO бар бұл қалдықтар құрамында никель бар кен ретінде металл негізді қамтамасыз ететін материал ретінде қызығушылық тудырады. Сондай-ақ қалдықтарды қайта өңдеу Қоршаған орта қауіпсіздігі мәселелерін ішінара шешуге ықпал етеді.

Бұл жұмыста асбест хризотил өндірісінің қалдықтарынан никель өндіруге иондық сұйықтықтардың әсерін зерттеу нәтижелері келтірілген. Зерттеу барысында асбест қалдықтарынан никель алудың жаңа әдісі анықталды. Никельді магниттік фракциядан бөлуге қолайлы жағдайлар шаймалау процесіне әсер ететін негізгі факторларды, атап айтқанда шаймалау уақытын, шаймалау ерітіндісінің температурасын және қышқыл шығынын зерттеу арқылы анықталды. Барлық сыналған бейорганикалық қышқылдар никельді бөліп алуға жарамды болды.

Сонымен қатар, жоғары концентрация және жоғары қышқыл температурасы никель шығарғанда жоғары өнімділікке ие болды. Күкірт қышқылы тұз және азот қышқылдарына қарағанда никельдің көп мөлшерде шаймалануын қамтамасыз ететіні анықталды.

Никельді бөліп алуға иондық ерітінділердің әсерін зерттеу үшін зерттеу үшін жасалған жұмыстар нәтижесінде шаймалауға келесідей параметрлер оңтайлы болып анықталды:

- күкірт қышқылының стехиометриялық шығыны 100%;
- процесс температурасы 90 °С;
- жүргізілу уақыты 90 минут;

Таңдалған тиімді параметрлерді иондық ерітінділермен шаймалау үрдісіне пайдалану барысында алынған нәтижелер Ni бөліп алу дәрежесі небәрі 3 – 4 % артатыны анықталып, ғылыми қызығушылық танытқан бұл әдістің тиімділігі төмен екендігі анықталды.

ҚОЛДАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Asbestos (chrysotile, amosite, crocidolite, tremolite, actinolite and anthophyllite) / printed in france / r. Dray. – 2012.
- 2 Колмачихина О.Б. Подготовка окисленных никелевых руд к гидрометаллургической переработке / О.Б.Колмачихина, А.А.Чунарев, С.С.Набойченко // *Металлург.*-2015.- №8 - С.85-88 (0,29 п.л. / 0,15 п.л.).
- 3 Рацен В.З., Стрельникова В.Я., Коломийцев В.В. Отходы переработки асбестосодержащих руд и их особенности как минерального материала для дорожного строительства / *Урал*, 2005 – 83 с.
- 4 Уткин Н.И. Производства цветных металлов. – М: Интермет Инжиниринг, 2004. – 272 б.
- 5 Извлечение металлов и неорганических соединений из отходов: Справ. изд. / Под ред. Н.М. Эмануэля. – М.: *Металлургия*, 1985–408 б.
- 6 Береговский, Владимир Иосифович. *Металлургия меди и никеля [Текст] : учеб. Пособие для техникумов / В.И. Береговский, Б.Б. Кистяковский.* – М.: *Металлургия*, 1972. – 455 б
- 7 Борбат В.Ф., Леш И.Ф. Новые процессы в металлургии никеля и кобальта. – М.: *Металлургия*, 1976. – 359 б.
- 8 Бумажнов Ф.Т. Никель и кобальт: главные процессы получения никеля и кобальта из окисленных никелевых руд. – М.: *Металлургия*, 1982. – 325 б.
- 9 Худяков И.Ф, Тихонов А.И, Днев В.И. *Металлургия меди, никеля и кобальта: Учебная пособие для вузов.* – М: *Металлургия*, 1978.–277 б.
- 10 Цейдлер А.А. *Металлургия меди и никеля: Учебная пособие для вузов.* – М: *Металлургиздат*, 1958. – 392 б.
- 11 Онаев И.А. *Современные технологические процессы в металлургии меди и никеля: Учебная пособие.* – Алма-Ата: *КазПТИ*, 1984. – 149 б.
- 12 Curds C.R., Hawkes H.A. *Ecological Aspects of Used-water Treatment / London: Academic Press.* – 1975. – 237 p
- 13 Прокофьева В.В., Крамар Л.Я., Черных Т.Н., Орлов А.А. Применение серпентиновых отходов добычи хризотил асбеста в производстве строительных материалов // *Урал*, 2011. – Вып. 2. – С. 14-16.
- 14 Рацен В.З., Стрельникова В.Я., Коломийцев В.В. Отходы переработки асбестосодержащих руд и их особенности как минерального материала для дорожного строительства / *Урал*, 2005 – 83 с.
- 15 Булдаков С.И., Дедюхин А.Ю. Перспективы и проблемы использования отходов производства асбеста для дорожного строительства / *Вестник, Москва.* – 2008. – №3. – С. 115-117.
- 16 Методические рекомендации по применению Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. Асбест. / *ФГУ ГКЗ Москва.* – 2007. – 34 с.

- 17 Студенцов В.В., Клец А. Горно-металлургический комплекс Республики Казахстан: анализ, запасы, технологии // Алматы, 1997 - 78 б.
- 18 Общие технические условия. Асбест хризотилковый – хризотил. ГОСТ 12871-93. – 1996. <http://docs.cntd.ru/document/gost-12871-93>. Дата посещения: 09.02.2020
- 19 http://www.greenwomen.kz/pdf/asbest_2010.pdf
- 20 http://cmrp.kz/index.php?o=com_content&view=article&id=351%3A201
- 21 Азаров Л., Бургер М. Метод порошка в рентгенографии. М.: Изд. Иностранной литературы. 1961. 364 с.
- 22 Рентгенография. Спецпрактикум. / Под ред. А.А.Кацнельсона. М.: Изд. МГУ. 1986. 240с.
- 23 Гороновский И.Т., Назаренко Ю.П., Некряч Е.Ф. Краткий справочник по химии. Киев: Изд. Наукова Думка. 1974. 992с
- 24 <https://kazexprom.kz/blog/kak-obespechivaetsya-elektrobezopasnost-na-proizvodstve/>
- 25 Джафаров., Ф.Н. Джафаров Н.Н. Комплексное использование отходов обогащения Джетыгаринского месторождения хризотил-асбеста как источник повышения эффективности производства // Горно-Геологический журнал. – 2003. - №3. - Б. 3-7. 3
- 26 Гаприндашвили В.Н. Комплексная переработка серпентинитов. - Тбилиси: Мецниереба, 1970. - 110 - 125 б.
- 27 Foresti E., Fornero E., Lesci I.G., Rinaudo C., Zuccheri T., Roveri N. Asbestos health hazard: A spectroscopic study of synthetic geoinspired Fe-doped chrysotile // Journal of Hazardous Materials. – 2009. - №167. – С. 1070–1079.
- 28 Gualtieri A.F. Recycling asbestos-containing material (ACM) from construction and demolition waste (CDW) Handbook of recycled concrete and Demolition Waste. – 2013. – С. 500-525.
- 29 Evangelos Gidarakos, Kalliopi Anastasiadou, Emmanuil Koumantakis, Stappas Nikolaos. Investigative studies for the use of an inactive asbestos mine as a disposal site for asbestos wastes // Journal of Hazardous Materials. - 2008, may 30. – Vol. 153, issue 3. – P. 955-965.
- 30 Kalliopi Anastasiadou, Dimosthenis Axiotis, Evangelos Gidarakos. Hydrothermal conversion of chrysotile asbestos using near supercritical conditions // Journal of Hazardous Materials. – 2010, July 15. – Vol. 179, issues 1–3. – P. 926-932.
- 31 "Еңбек қауіпсіздігі және еңбекті қорғау туралы" 2004 жылғы 28 ақпандағы ҚР Заңы // Сайттағы электрондық нұсқа <http://www.government.kz/>.
- 32 Вернадский В.И. Химическое строение биосферы земли и ее окружения. - М.: Наука, 2001. - 160 б.

Қосымша А

"САТПАЕВ ОҚУЛАРЫ - 2021"

СӘТБАЕВ ОҚУЛАРЫНЫҢ

ЕҢБЕКТЕРІ

I Том

ТРУДЫ

САТПАЕВСКИХ ЧТЕНИЙ

"САТПАЕВСКИЕ ЧТЕНИЯ - 2021"

Том I

PROCEEDINGS

SATPAYEV'S READINGS

"SATPAYEV READINGS - 2021"

I volume

Алматы 2021 Almaty

разделения гравитационных концентратов железомарганцевой руды месторождения «Керегетас» с использованием процесса магнитной сепарации	
Гущин В.В. Исследование возможности интенсификации процесса сорбционного извлечения соединений урана	922
Ильясов А.Е., Байқоңырова Ә.Ә., Сурымбаев Б.Н. Алтынды агитациялық және сорбциялық шаймалау бойынша зерттеулер	925
Исламов К.Б., Баимбетов Б.С. Электролиз вольфрамата натрия	929
Қадырсызов Д.С., Барменшинова М.Б. Исследование сгущаемости медного концентрата с применением новых флокулянтов	933
Қали А.Ә., Бошқаева Л.Т., Ақубаева Д.М., Айдарханов Д.А., Маратов С.К. Үлкен Қаратаудың ванадийлі кварциттерін өңдеуге арналған белгілі әдістерді талдау	936
Камиев М., Сәрсенова М.С., Гусейнова Г.Д. Разработка и обоснование технологии переработки хромосодержащих шламовых отходов Донского Горно-Обогатительного Комбината	940
Карелин В.А., Ле Ш.Х., Карелина Н.В., Смороков А.А. Электролитический синтез титановых порошков во фторидных расплавах	944
Хумарбекулы Е., Алтмышбаева Ә.Ж., Гусейнова Г.Д. Исследование сорбции ионов тяжелых металлов сорбентами на основе модифицированных природных цеолитов из промышленных сточных вод	949
Мамбеталиева А. Р., Турысбеков Д.К. Амантаев Д.Т. Усовершенствование технологии флотации медно-молибденовой руды	953
Мамбеталиева А.Р., Турысбеков Д.К. Мажитов Н.М., Жакупова Ж.Ж. Влияние доизмельчения пульпы на селективное разделение полезных компонентов от пустой породы при переработке тонковкрапленных руд	956
Мамбеталиева А.Р., Турысбеков Д.К. Бегжан А.Б. Исследование флотационного обогащения медно-золотосодержащей руды месторождения «Коктасжол»	960
Мамбеталиева А.Р., Турысбеков Д.К. Заинабитдинов М.Д., Таймасова А.Н. Влияние пенообразователей при флотации Бозшакольской руды	964
Мырзабекова А.М., Рыспаева М.Б. Оценка общую энергию взаимодействия частиц минералов полимерными флокулянтами	967
Молдабаева Г.Ж., Сәулебекқызы Ш. Таймасова А.Н. Селен және теллур тиотүздарының түзілу кинетикасы	973
Мулик А., Конаратбекова С.С. Изучение сорбции и десорбции золота из иодидных продуктивных растворов	978
Мырзабекова К.Д., Мамбеталиева А.Р., Акказина Н.Т. Интенсификация технологических процессов переработки руд Ақтоғайского месторождения	981
Нурдан М.Е., Муханова А.А. Особенности флотации бедной медно-молибденовой руды месторождения Ақтоғай с применением композиционных реагентов	985
Нургалым Е.Н. Влияние ингибитора отложения солей на процессы выщелачивание и переработки при ПСВ урана	989
Омар Р.С., Телков Ш.А., Мотовилов И.Ю. Темірқұрамды кендердің гравитациялық байыту технологиясын зерттеу	993
Пернебеков Б.А. Исследования применения аммиачной воды в качестве реагента осадителя	997
Шаутинов М.Р., Акказина Н.Т., Ералиев А.А., Кошер Г.К. Вопросы золотонности углей и продуктов их сгорания	1001
Шаутинов М.Р., Акказина Н.Т., Кошер Г.К. Исследования по переработке золошлаковых отходов с получением железосодержащего продукта	1005
Шаутинов М.Р., Акказина Н.Т., Кожабай Б.Н. Исследования гранулометрического состава и характера распределения редкоземельных элементов в редкоземельной руде Кундыбайского месторождения	1009
Смайлов Р.Е., Айдымбеков А.Б., Ахмет Ә.М. Интенсификация процесса сорбции путем изменения технологической схемы обвязки трейнов	1012
Смороков А.А. Фтораммонийное обогащение высококремнистого титанового сырья	1016
Таубашев С.Р., Барменшинова М.Б. Исследование влияния новых реагентов вспенивателей на обогатимость медно-молибденовой руды	1018
Теміргали І.А., Байгенженов Ә.С., Сәрсенова М.С. Асбест өндірісі қалдықтарынан никель өндіру	1023
Темірхан С.Ғ., Чепуштанова Т.А. Технологические исследования пирротинизирующего обжига окисленной свинцово-цинковой руды и промпродукта обогащения ТОО «КАЗЦИНК»	1027
Тойлыбеков С., Мамырбаева К.К. Мыстың негізгі сульфидті минералы – халькопиритті термиялық өңдеуге термодинамикалық талдау	1031
Тулепбергенов А.К., Мамырбаева К.К. Исследование процесса выщелачивания меди из бедных концентратов	1036

І.А. Теміргали, Ө.С. Байгенженов, М.С. Сәрсенова.

Satbayev University, Қазақстан Республикасы, Алматы қаласы
o.baigenzhenov@satbayev.university, inkartemirgali1998@gmail.com, moldir_s92@bk.ru

АСБЕСТ ӨНДІРІСІ ҚАЛДЫҚТАРЫНАН НИКЕЛЬ ӨНДІРУ

Аңдатпа. Мақалада хризотил асбест өндірісінде түзілетін қалдықтар құрамынан никельді шаймалау технологиясын зерттеу бойынша алынған нәтижелер баяндалған. Қалдықты материалдар құрамынан никельді азот қышқылы арқылы шаймалаудың қолайлы шарттары анықталды.

Түйін сөздер: асбест қалдықтары, никель, шаймалау, азот қышқылы.

Кіріспе

Қазіргі таңда заманауи технологиялық қолданыстар үшін түсті металдарға деген сұраныс артып келеді. Осы мақсатқа жету үшін пайдалы қазбаларды өндіруді, оларды өңдеуді және қайта өңдеуді едәуір арттыру қажет. Сондықтан, бұл зерттеу пайдалы қазбаларды өңдеу технологиясымен қатар қайта өңдеу жолдары мен экологияны жақсартатын, пайдалы қазбаларды өңдеудің жаңа әдістерін қамтитын гидрометаллургиялық әдістердің енгізілуін талап етеді.

Сонымен қатар, заманауи тау-кен байыту өнеркәсібі күннен-күнге қалдықты және қиын өңделетін кендер қолданысының жоғарылауымен сипатталуда. Осыған байланысты, шектеулі минералдық ресурстар мен өндіріс шығындарының артуы түсті металдардың әлемдік нарықтағы бағасының өсуіне әкеп соғуда.

Қазақстан - хризотил асбестті кеннің өте үлкен қорына ие. Серпентинитті кендерден асбест талшықтарының өндірілуі қалдықтардың өте көп мөлшерде түзілуіне соқтырады – өндіріске жарамды талшықтарды өндіру барысында кен массасының 6 – 8 % ғана пайдалы өнім болып есептеледі. Хризотил асбест кендерінің қалдықтары осы аймақта тұрып жатқан адамдардың денсаулықтарына кері әсерін тигізіп жатыр. Қалдыққоймаларындағы қалдықтардың аз ғана бөлігін асфальт құрамына толтырғыш ретінде және т.б. өнім алу мақсатында қолданады, ал қалған 90 %- дан астам мөлшері игерусіз қалып қалдыққа лақтырылуда.

Негізінен магний силикаттарынан тұратын қалған қалдықтар үйіндіге жіберіледі. Магнийлі және басқа да құнды компоненттер қалдыққұраммен қайтымсыз жоғалатындықтан, бұл өз кезегінде шикізат қолданысының тиімділігін төмендетеді. Жетіқара кен орнының (Қостанай облысы, Қазақстан) он жылдан астам уақыттан бергі қолданысының нәтижесінде 200 миллион тоннадан астам асбест қалдықтары жиналған. Құрамында 0,2 – 0,25 % NiO бар бұл қалдықтар никельқұрамды кен ретінде металдық негізді қамтамасыз етуші материал ретінде қызығушылық тудырады. Сондай-ақ, қалдыққойманың өңделуі қоршаған ортаның қауіпсіздік мәселелерін ішінара шешуге септігін тигізеді. Бұл мақалада хризотил асбест өндірісінің қалдықтарынан никельді өндіру бойынша жүргізілген зерттеулер нәтижелері келтірілген.

Тәжірибелік бөлім

Серпентинит кенінің асбест қалдықтары (АҚ) Жетіқара кен орындарынан алынады. АҚ құрамында: MgO - 39,0– 42,0%; SiO₂ - 37,0 – 41,0%; CaO - 1,1–1,6%; Fe₂O₃ - 1,9 – 5,4%; FeO - 1,0 – 2,7%; Al₂O₃ - 0,8 – 1,4%; NiO - 0,2 – 0,25%; Cr₂O₃ - 0,1 – 0,25%.

Ұсынылған технологияларға сәйкес никель мен басқа түсті металдарды байыту үшін АҚ магниттік сепарацияға жіберіледі. Нәтижесінде, осы кезеңде концентраттағы никель концентрациясы қалдықтардағы бастапқы мөлшерімен салыстырғанда 6 - 8 есе өсті. Химиялық талдау нәтижелері кесте 1-де келтірілген.

Кесте 1 – Магниттік сепарация өнімдерінің бастапқы және байытылған құрамы

Өнімдер	Бастапқы қалдық /байытылған құрамы, %					
	MgO	SiO ₂	FeO	CaO	Al ₂ O ₃	NiO
Магниттік бөлігі	9,8/20	7,4/1,5	74/90	1.15/10	5,9/50	1,6/70
Магниттік емес бөлігі	43/92,6	42/90,5	0,8/10	1,3/90	0,55/50	0,2/30

Тәжірибелер алдында магниттік фракция 0,25 мм-ден төмен фракцияға дейін ұсақталып, 100 – 110 °С температурада кептірілген соң химиялық талдау жүргізілді. Талдау нәтижесінде анықталған магниттік фракцияның химиялық құрамы 2-кестеде келтірілген. Рентгендік құрылымдық талдау нәтижелері сынамаларда никель гарниерит, аварюит, азболан, пентландит, бунзеит түрінде кездесетінін көрсетеді.

Кесте 2 – Магниттік фракцияның фазалық құрамы

Минерал	Формуласы	Мөлшері, %
Гарниерит	(Ni,Mg) ₂ Si ₆ O ₁₃ (OH) ₂ ·6H ₂ O	35-40
Аварюит	Ni ₂ Fe	19-27
Азболан	(Co, Ni)O·MnO ₂ ·nH ₂ O	3-7
Пентландит	(Fe, Ni) ₉ S ₈	1-3
Бунзеит	NiO	27-35

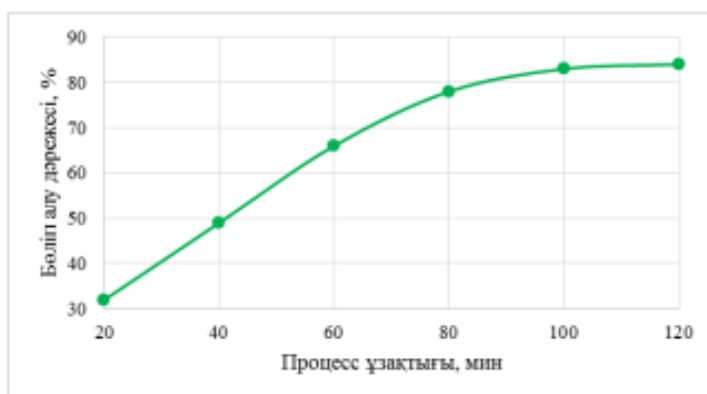
Нәтижелер және оларды талқылау

Магниттік фракция үлгілерінен никель мен кобальтты бөліп алу үшін шаймалау тәжірибелері HNO₃ қышқылының әртүрлі концентрацияларында (80, 90,100 және 110 % стехиометриядан), сұйық/қатты (С:К) қатынастарында (1:2, 1:3, 1:4), және температура (25, 50, 75, 90 °С) мен уақыттың (15, 30, 45, 60, 75 and 90 мин) әсерімен жүргізілді. Шаймалау көрсеткіші күтілгендей сыртқы әсерлердің, оңтайлы жағдайлардың өзгеруімен ауысып отырады. Осы сынақтардың нәтижелері (сурет 1, 2 және 3) никельдің еру пайызы қышқыл концентрациясының жоғарылауымен, Қ:С арақатынасының және уақыт көлемінің өсуіне байланысты артады. Сонымен қатар, алынған нәтижелер Қ:С қатынасының жоғары коэффициенттерінде үлгілердің еруінің жоғары дәрежесіне қол жеткізу үшін ұзақ уақыт қажет екенін көрсетеді. Шаймалау нәтижелерін және қышқылдың барынша іске асырылуы мен материалдың максималды өткізу қабілеттілігін және жабдықты кәдеге жаратуды ескере отырып, никельді бөліп алып, әрі қарай өңдеу үшін шаймаланған ерітіндінің жеткілікті мөлшерін алу үшін Қ:С қатынасының 3 және стехиометрия бойынша HNO₃ 100% мөлшері таңдалды.

Шаймалау ұзақтығының әсері

Процесс ұзақтығының шаймаланатын никельге әсерін зерттеу үшін әртүрлі уақыт кезеңдерінде бірқатар тәжірибелер жүргізілді. Сурет 1-де көрсетілген нәтижелерге сәйкес, уақыттың жоғарылауымен шаймаланатын никельдің де мөлшері артатыны анықталды.

Тәжірибелер келесідей тұрақты жағдайларда жүргізілді: сұйық / қатты қатынасы 3:1; $T = 90$ °C үшін қышқылдың стехиометриялық шығыны 100%. Шаймалау процестерінің нәтижелері сурет 1-де көрсетілген.

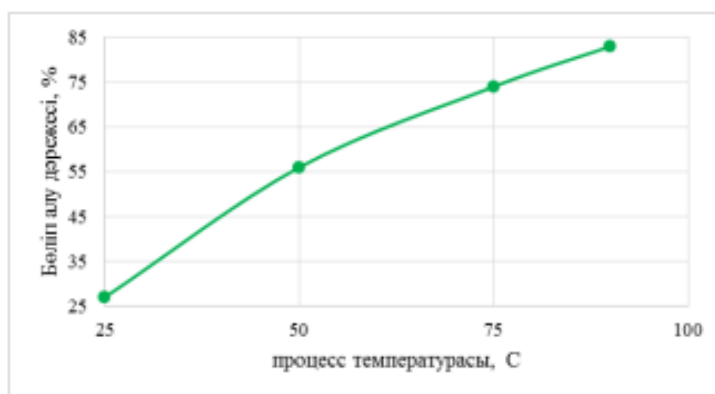


Сурет 1 – Магниттік фракциядан никельді шаймалау дәрежесіне процесс ұзақтығының әсері

Суретте көрініп тұрғандай, үрдістің жүргізілу уақыты ұзарған сайын никельді ерітіндіге өткізу дәрежесі де жоғары артады. Шаймалау уақытының жоғарылауымен никельді бөліп алу дәрежесі 32-ден 84%-ға дейін артады. Байқағанымыздай, никельдің ерітіндіге өтуі бастапқы 80 минутта интенсивті түрде жүріп 78 % - ға жетеді. Процесс ұзақтығы 100 минут болғанда никельдің ерітіндіге өтуі 83 % мөлшерінде болса, 120 минут шаймалау кезінде никельдің ерітіндіге өту дәрежесі 84 % мөлшерін құрайды. Осыған байланысты шаймалау процесінің тиімді ұзақтығы ретінде 100 мин уақыт таңдалды.

Температураның әсері

Температураның никельді шаймалауға әсерін зерттеу үшін 25-90°C аралығындағы температурада бірқатар тәжірибелер жүргізілді. Тәжірибелер келесі жағдайларда жүргізілді: шаймалау уақыты 100 мин; сұйық/қатты қатынасы 3:1; стехиометрия бойынша қышқыл шығыны 100 %. Шаймалау процестерінің нәтижелері сурет 2-де көрсетілген.

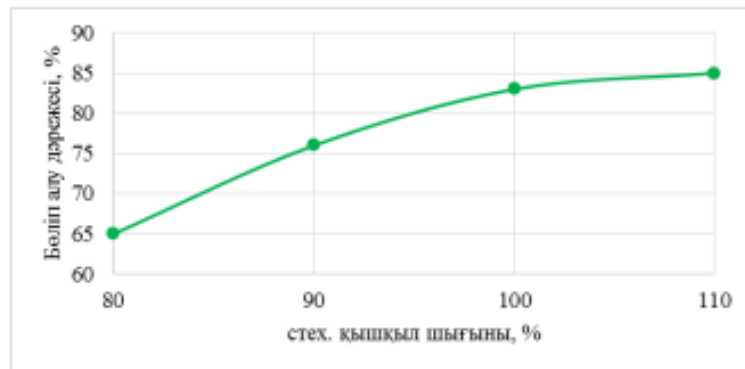


Сурет 2 – Магниттік фракциядан никельді шаймалау дәрежесіне процесс температурасының әсері

Сурет 2-де келтірілген бұл нәтижелер никельдің шаймалану дәрежесі температураның жоғарылауымен артатынын, соның әсерінен шаймалағыш ерітіндінің тұтқырлығы төмендейтінін және шаймалану жылдамдығының артатынын көрсетеді.

Қышқыл шығынының әсері

Бұл процестің міндеті – магниттік фракцияны қышқылмен шаймалау үшін қолданылатын қышқыл мөлшерін анықтау. Бұл процестің тиімділігін бағалау - алынған ерітіндідегі никель концентрациясына тәуелді болды. Тәжірибелер келесі жағдайларда жүргізілді: шаймалау уақыты 100 мин.; сұйық/қатты қатынасы 3:1. Қышқылдың мөлшері стехиометриялық есептеуден 80 % бен 110 % аралығында өзгертіліп отырылды. Нәтижелер сурет 3-те көрсетілген.



Сурет 3 – Магниттік фракциядан никельді шаймалау дәрежесіне қышқыл шығынының әсері

Зерттеу нәтижелері азот қышқылының шығыны жоғарылауымен магниттік фракциядан никельді бөліп алу дәрежесі мен ерітіндідегі никель мөлшері артатынын көрсетті. Алайда, қышқыл стехиометриядан >100% тұтынылған жағдайда гидрогельдердің пайда болуына әкеп соғуына байланысты пульпаның сүзу жылдамдығы едәуір төмендейтіндігі анықталды. Оңтайлы нәтижелер сүзу жылдамдығы қышқылды стехиометриядан 100% қолдану кезінде алынады. Осылайша, никельді бөліп алудың жоғары деңгейіне (85 %) қол жеткізуге болады. Демек, тәжірибені стехиометриядан қышқылдың 100% тұтынылуымен өткізу керек.

С:Қ қатынасының әсері

Сұйық/қатты қатынасының шаймаланатын магниттік фракцияға әсерін зерттеу үшін қатты/сұйық қатынасы 1:2-ден 1:4 аралығында бірқатар тәжірибелер жүргізілді. Зерттеу нәтижесі көрсеткендей С:Қ арақатынасының жоғарылауы никельді ерітіндіге бөліп алуға көп әсер етпейді. 3-кестеде көрсетілгендей, С:Қ = 3:1 және 4:1 кезінде никельді ерітіндіге өткізу дәрежесі бірдей 83 %-ды құраған. С:Қ қатынасын одан әрі жоғарылатудың қажеті жоқ, өйткені бұл алынған ерітінді құрамында никель концентрациясының азаюына әкеліп соқтырады.

Кесте 3 – Қатты/сұйық қатынасының магниттік фракциядан никельді бөліп алуға әсері

С:Қ қатынасы	Ni бөліп алу, %
1:2	67
1:3	83
1:4	83

Сұйық:қатты қатынасы жоғары болған кезде никель концентрациясы төмен болады, бұл никель өндірісінің келесі кезеңдерінде булану үшін жоғары энергияны қажет етеді. Екінші жағынан, сұйық/қатты қатынасы төмен болған кезде алынған ерітінді қанықтырылады.

Қорытынды

Жүргізілген зерттеу нәтижесінде асбест қалдықтарынан никельді азот қышқылымен шаймалаудың тиімді параметрлері ұсынылды. Магниттік фракциядан никельді бөліп алу үшін қолайлы жағдайлар шаймалау процесіне әсер ететін негізгі факторларды, атап айтқанда, шаймалау уақытын, шаймалау ерітіндісінің температурасын, қышқыл шығынын зерттеу арқылы анықталды.

Temirgali I.A., Baigenzhenov O.S., Sarsenova M.S.
Extraction of nickel from asbestos wastes

Abstract. The article presents the results obtained on the study of nickel leaching technology from the wastes generated in the chrysotile asbestos production. Favorable conditions for leaching nickel by nitric acid from the waste materials have been determined.

Key words: asbestos wastes, nickel, leaching, nitric acid.

Теміргали І.А., Байгезженов О.С., Сарсенова М.С.
Извлечение никеля из отходов асбестового производства

Аннотация. В статье изложены полученные результаты по изучению технологии выщелачивания никеля из состава отходов, образующихся при производстве хризотил асбеста. Определены благоприятные условия выщелачивания никеля азотной кислотой из состава отходов материалов.

Ключевые слова: асбестовые отходы, никель, выщелачивание, азотная кислота.

УДК 669.431:661.242.2 (043)

С.Г.Темірхан, Т.А. Чепуштанова

*Научный руководитель – Чепуштанова Т.А., ассоциированный профессор, кандидат технических наук, зав. кафедрой МПТУТСМ
Казахский национальный, исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева, Satbayev University
Казахстан, г. Алматы
t.chepushtanova@satbayev.university*

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПИРРОТИНИЗИРУЮЩЕГО ОБЖИГА ОКИСЛЕННОЙ СВИНЦОВО-ЦИНКОВОЙ РУДЫ И ПРОМПРОДУКТА ОБОГАЩЕНИЯ ТОО «КАЗЦИНК»

Аннотация. В статье приведены результаты теоретического обоснования и технологических исследований технологии комплексной переработки окисленных и смешанных полиметаллических руд и промпродуктов обогащения сульфидирующим обжигом с последующим обогащением огарка. Разработана технологическая схема,
1027