

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

О. Байқоңыров атындағы Тау-кен металлургия институты

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

**Бақытбеков Алмас Бақытбекұлы**

«Асбест өндірісінің қалдықтарынан магний тұздарын өндіру»

тақырыбына

**ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС**

5B070900 – Металлургия

Алматы 2019

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ


Қ.И. Сәтбаев атындағы қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ө. Байқоңыров атындағы Тау-кен металлургия институты

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

**ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ**

МПЖ және АМТ кафедра  
меңгерушісі PhD докторы,  
техн. ғыл. кандидаты,  
қауымдас-ған профессор

 Чепуштанова Т.А.  
« 13 » 05 2019 ж.

## ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

«Асбест өндірісінің қалдықтарынан магний тұздарын өндіру»  
тақырыбына

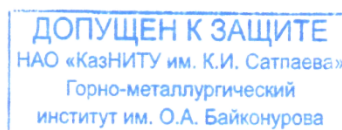
5В070900 – Металлургия

Орындаған:

Бақытбеков А.Б.

Ғылыми жетекші Ph.D.

 Байгенженов Ө.С.  
« 13 » 05 2019 ж.



Алматы 2019

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

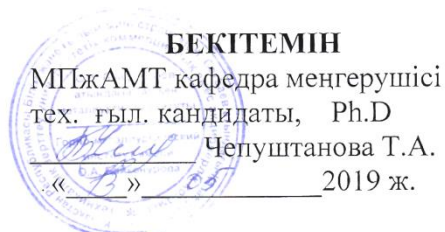
Қ.И. Сәтбаев атындағы қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ө. Байқоңыров атындағы Тау-кен металлургия институты

«Металлургиялық процестер, жылу техникасы және арнайы материалдар

технологиясы» кафедрасы

5B070900 – Металлургия



Дипломдық жұмысты даярлауға  
**ТАПСЫРМА**

Студентке Бақытбеков Алмас Бақытбекұлы  
Жобаның тақырыбы «Асбест өндірісінің қалдықтарынан магний тұздарын өндіру»

Университет ректорының «8» қазан 2018 ж. № 1113 бұйрығымен бекітілген  
Орындалған жобаның өткізу мерзімі «30» сәуір 2019

Дипломдық жобаның (жұмыстың) бастапқы мәліметтері: Жіміқара хризотил-асбест кен орнының қалдықтары, тұз қышқылы, шаймалау, ерітінді, буландыру.

Есеп-түсініктеме жазбаның талқылауға берілген сұрақтарының тізімі мен қысқаша диплом жұмысының мазмұны

–кіріспе, жұмыстың өзектілігі және тәжірибелік маңыздылығы көрсетілген;

–аналитикалық бөлім, жұмыс тақырыбы бойынша әдеби шолу көрсетілген;

–тәжірибелік жұмыс, магний құрамдас қалдықтарды шаймалау, ерітіндіні тазарту және қаныққан ерітінділерді буландыру.

–экономикалық бөлім

Ұсынылған негізгі әдебиеттер: 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.

**Дипломдық жұмысты (жобаны) даярлау  
КЕСТЕСІ**

№ п/п	Бөлім атаулары, дайындалатын сұрақтардың тізімі	Ғылыми жетекшіге, кеңесшілерге өткізу мерзімі	Ескерту
1	Кіріспе	8.02.2019	
2	Аналитикалық бөлім	22.02.2019	
3	Тәжірибелік бөлім	19.03.2019	
4	Экономикалық бөлім	6.05.2019	
5	Еңбекті қорғау	5.05.2019	
6	Қорытынды	6.05.2019	
7	Норма бақылау	7.05.2019	

Жұмыс (жоба) бойынша оларға қатысты бөлімдердің көрсетілуімен кеңес берушілердің қолтаңбалары

Бөлім атауы	Ғылыми жетекші, кеңесшілер (ҒЫЛЫМИ ДӘРЕЖЕСІ, АТАҒЫ)	Қолтаңба қойылған мерзімі	Қолы
Аналитикалық бөлім	Байгенженов Ө.С. Ph.D докторы	22.02.2019	Ө.С. Байгенженов
Тәжірибелік бөлім	Байгенженов Ө.С. Ph.D докторы	19.03.2019	Ө.С. Байгенженов
Қорытынды	Байгенженов Ө.С. Ph.D докторы	6.05.2019	Ө.С. Байгенженов
Экономикалық бөлім	Байгенженов Ө.С. Ph.D докторы	6.05.2019	Ө.С. Байгенженов
Еңбекті қорғау	Байгенженов Ө.С. Ph.D докторы	5.05.2019	Ө.С. Байгенженов
Норма бақылау	Көккөзов Д.Қ. техника және технология магистрі	13.05.2019	Д.Қ. Көккөзов

Ғылыми жетекші \_\_\_\_\_ (Байгенженов Ө.С.)

Студент тапсырманы орындауға алды \_\_\_\_\_ (Бақытбеков А.Б.)

Күні " 18 " 01 2019

## АҢДАТПА

Дипломдық жұмыс тапсырмадан, кіріспеден, 2 бөлімнен, қорытындыдан, әдебиеттер тізімінен тұрады. Жұмысқа компьютерде терілген 30 бетте компьютерлі терумен жазылған, 1 диаграмма, 11 кесте кіреді. Әдебиеттер тізімі 31 атаудан тұрады.

Магнезиалды отқа төзімділер металлургия өндірісінің әртүрлі агрегаттарында кеңінен қолданылуына байланысты, оларды құрамы, құрылымы және алу әдістеріне тәуелді, және берілген қасиеттеріне байланысты жаңа композициялар құру арқылы қолдану аймағын шексіз кеңейтуге болады.

Қазақстандық Жітіқара кен орындарының асбест қалдықтарының құрылымы мен құрамы анықталып осы асбест қалдықтарын отқа төзімділер өндірісінде кең қолдануға болатыны дәлелденді.

Біздің мақсатымыз жоғарыда айтылғандай Қазақстан асбест қалдықтарын отқа төзімді шикізат ретінде қолдану, асбестты (магнезиалды) отқа төзімділер өндірісінің жаңа жоғары сапалы технологияларын енгізу, ақпараттар жинау, және осы арқылы ел экономикасына тиімді саланы дамыту болып табылады.

## АННОТАЦИЯ

Дипломная работа состоит из задания, введения, 2 глав, заключения, списка использованных источников. Работа включает в себя 30 типизированных компьютерных ручки, 1 диаграмму и 11 таблицы. Список литературы состоит из 31 наименований.

Магний огнестойкий широко используется в различных агрегатах металлургического производства, в зависимости от их состава, структуры и способов производства, и может расширить сферу применения, создавая новые композиции в зависимости от их свойств.

Казахстанский Житикара определил структуру и состав отложений асбестовых отходов в отходах асбеста, которые будут использоваться в производстве огнестойкости доказано.

Наша цель состоит в том, как уже упоминалось выше, использование асбестовых отходов в качестве сырья для огнеупорного асбеста (магниевый) огнестойкости нового производства высококачественных технологий, сбор данных, и это за счет развития эффективной экономики.

## ANNOTATION

The thesis consists of a task, introduction, 2 chapters, conclusion, list of references. The work includes 30 typed computer pens, 1 chart and 11 tables. References consists of 31 items.

Fire-resistant magnesium is widely used in various aggregates of metallurgical production, depending on their composition, structure and production methods, and can expand the scope of application, creating new compositions depending on their properties.

Kazakhstan Zhitikara determined the structure and composition of deposits of asbestos waste in asbestos waste, which will be used in the production of fire resistance proved.

Our goal is, as mentioned above, the use of asbestos waste as a raw material for refractory asbestos (magnesium) fire resistance of new production of high-quality technologies, data collection, and this is due to the development of an efficient economy.

## МАЗМҰНЫ

	Кіріспе	9
1	Хлорлы магнийді өндіру жолдары мен шикізат көздері	11
1.1	Магний силикаттары	11
1.2	Хлорлы магнийді теңіз суларынан өндіру	12
1.3	Магний хлоридін доломиттен өндіру	13
1.4	Магний хлоридін хризотил-асбест өндірісінің қалдықтарынан өндіру	14
2	Хризотил өндірісінің қалдықтарын қайта өңдеу	19
2.1	Бастапқы шикізат сипаттамасы	19
2.2	Хризотил–асбест өндірісінің қалдықтарын термиялық талдау	22
2.3	Хризотилді асбест өндірісінің қалдықтарын шаймалаудың термодинамикалық заңнамасы	23
2.4	Шаймалауды технологиялық зерттеу	25
2.4.1	Зертханалық зерттеулер әдістемесі	25
2.4.2	Зерттеу нәтижелері және оларды өңдеу	26
2.5	Нәтижелер және оларды талқылау	29
3	Экономикалық бөлім	31
3.1	Зерттеу жұмыстарын жүргізуге жұмсалған шығындарды есептеу	31
3.2	Негізгі және қосалқы материалдар шығынын есептеу	31
3.3	Электроэнергияға кеткен шығынды есептеу	31
3.4	Салқын суға кеткен шығынды есептеу	32
3.5	Технико-экономикалық көрсеткіштер	32
4	Қауіпсіздік және еңбек қорғау	33
4.1	Кәсіпорынның жалпы сипаттамасы	33
4.2	Кәсіпорында еңбекті қорғау және кәсіптік қауіпсіздігін ұйымдастыру	33
	Қорытынды	34
	Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	35



## КІРІСПЕ

Пайдалы қазбалардың сарқылуы немесе болмауы қара және түсті металлдардың дәстүрлі емес көздерін өндіруге әкеледі. Магний бар материалдарға сілтеме жасай отырып, Қазақстандағы металлургиялық және химия өнеркәсібі үшін магнийдің ең перспективті көздерінің бірі Қостанай минералдары хризотилді-асбест өндірісінің қалдықтары болып табылады.

Магний - табиғатта ең кең таралған химиялық элементтердің бірі, жер қыртысының құрамында сегізінші. Алайда оның жоғары химиялық белсенділігі табиғатта табылмайды және әртүрлі қосылыстардың бір бөлігі ретінде ғана кездеседі: силикаттар хлориді, карбонаттар және сульфаттар. Тотықтырылған магний қосылыстарының көбісі руда құрайтын минералдар болып табылады. Магний өндірісі үшін өнеркәсіптік шикізаттың негізгі түрлері: карналлит, магнезит, доломит, бруцит, теңіз суы және көлдің тұздығы. Магний сульфаты және силикаттар әлі магний алу үшін коммерциялық мақсатта қолданылмайды, бірақ силикаттар магнезиялық перспективалы шикізат ретінде үлкен қызығушылық тудыруы мүмкін.

Серпентинде ( $3\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) құрамында магний мөлшері шамамен 26 пайыз құрайды. Асбест минералдары - магний, темір, кальций және натрий  $\text{Mg}_6 \cdot (\text{Si}_4\text{O}_{11}) \text{OH}_6 \cdot \text{H}_2\text{O}$  су силикаттар;  $2\text{Na}_2\text{O} \cdot 6(\text{Fe}, \text{Mg}) \text{O} \cdot 2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 17 \text{SiO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ . Магнийдің жоғары мөлшері бар адамдар да асбестті қалдықтардан тыс жерлерге жатқызады.

7-су магний сульфаты ауыл шаруашылығында тыңайтқыш ретінде, синтетикалық жуу құралдарын өндіруде, жемдік ашытқы өндірісінде, былғары өнеркәсібінде, химия өнеркәсібінде және т.б. қолданылады.

Магний оксиді құрылыс, химиялық, резеңке, шина, электрлік, металлургиялық және басқа салаларда, сондай-ақ құрылыс плиткаларын өндіруде қолданылады. Егер сіз оны бишофитпен араласатын болсаңыз, сіз өте пластиктен жасалған магнезия ерітіндісін алып, жылытпайсыз.

Магний қосылыстарының едәуір саны алюминий және басқа металдармен қорытпаларды алу үшін пайдаланылатын магний металлына өңделеді. Шойын құрамында магний (0,05 пайыз) енгізу оның бедерлі және жыртқыш тұрақтылығын арттырады. Металл магнийі титанның және кремнийдің магнийлік жылуды азайту үшін де қолданылады.

Магний қосылыстарының негізгі тұтынушылары - рефракторлар, құрылыс және металлургиялық өндірістер.

***Ғылыми техникалық проблемалардың заманауи күйі.*** Қазіргі кезде әлемдік экономиканың өсуімен және ғылыми-техникалық прогрестің дамуымен қатар тауарлық магний өнімдеріне тапшылықтың өсімі байқалады. Сондықтан, магний өндірісін ұлғайту үшін шикізаттың жаңа түрлерін, соның ішінде, құрамында магний бар қалдықтарды тарту қажет. Магнийдің осындай бір шикізат көзі ретінде асбест өндірісінің қалдықтары қызмет етеді. Соның ішінде, «Қостанай минералдары» АҚ-да құрамында 30-40 пайыз магний бар 150 млн. тоннадан аса қалдықтар жиналған.

Магний ол – табиғатта кең таралған химиялық элемент қатарында, жер қыртысындағы құрамы бойынша сегізінші орында. Алайда бос күйінде табиғатта кездеспейді, әр түрлі қосылыстар құрамында ғана болады: силикат, карбонат, хлорид және сульфат. Бұл қосылыстардың көбі тау – жыныс түзуші минералға жатады. Магний өндірісіндегі өнеркәсіптік негізгі шикізат болып табылады: карналлит, магнезит, доломит, брусит, теңіз суы және көлдің шипалы суы. Магний сульфаты мен силикаты өнеркәсіптік ауқымда магний алуда қолданылмайды, дегенмен де силикат үлкен жобалы магнезиалды шикізат ретінде қызығушылық танытуы мүмкін.

Магнезиалды – силикатты түрдің Қазақстан Республикасындағы және шет елдегі қоры мол. Серпентиндегі ( $3\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) магний құрамы шамамен 26 пайыз. Асбест минералы магний, темір, кальций, натрийдің сулы силикаты ( $\text{Mg}_6 \cdot (\text{Si}_4\text{O}_{11}) \text{OH}_6 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ;  $2\text{Na}_2\text{O} \cdot 6(\text{Fe}, \text{Mg}) \text{O} \cdot 2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 17 \text{SiO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ) болып саналады. Олар магнийдің зор құрамымен асбест қалдығы өндірісінің кондиционерленбеген құраушылары.

**Жұмыстың өзектілігі.** Соңғы жылдары минералдық шикізаттарды кешенді қолдану және қоршаған ортаны қорғау бойынша шараларды тиімді өндіруге үлкен көңіл бөлінеді. Бұл әртүрлі жолдармен жасалады, оның ішінде өндіріс қалдығынан пайдалы өнімдерді қатар алу есебінен де орындалады. «Қостанай минералдары» АҚ комбинаты жылына 5 млн. тоннаға дейін хризотил-асбест өндіреді. Бірақ, 8-10 пайыз тауарлық өнімге алынады, ал өндірілген шикізаттың қалғаны қалдықтар қоймаларына тасталады.

Қазақстан өнеркәсібінің магний мен оның қосылыстарына қажеттілігі импорттық шикізатпен қамтамасыз етіледі. Отандық шикізаттан импорт алмастыратын өнімдерді алу технологиясын жасау аса өзекті мәселе болып табылады.

**Дипломдық жұмыстың мақсаты** – асбест өндірісі қалдықтарынан магний қосылыстарын шаймалау, және алынған ерітіндіден магний тұздарын бөліп алу.

**Зерттеу объектісі:** «Қостанай минералдары» АҚ асбесттік өндірісінің қалдықтары және хризотил – асбестілі кен орындары.

Хризотилді асбест қалдықтарын шаймалаудың термодинамикалық талдауын, темірден, никельден және хромдан өнімді ерітінділерді гидролиз және цементтеу процестерін жүргізу;

Темірден, никельден және хромдан магний сульфаты ерітінділерін гидролиз және цементтеуді тазарту жағдайларын зерттеу; оңтайлы режимдерді анықтау;

Хризотилді асбест қалдықтарын күкірт қышқылы өңдеу технологиясын жасау.

# 1 Хлорлы магнийді өндіру жолдары мен шикізат көздері

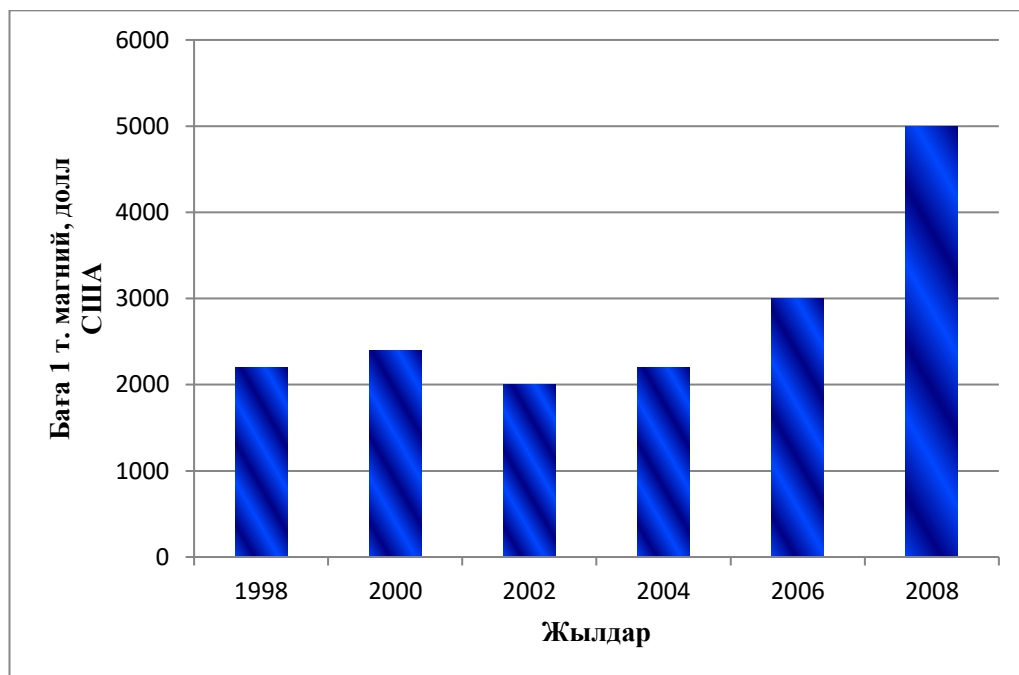
## 1.1 Магний силикаттары

Табиғатта таралуы бойынша магний сегізінші орынды алады – оның үлесінде жер қыртысының 2,11 пайыз массасы бар [17]. Ол көбінесе силикаттар, карбонаттар, сульфаттар және хлоридтер түрінде кездеседі.

Қазіргі уақытта жер шарында әлемдік экономиканың дамуына байланысты көптеген шикізат өнімдері мен металлдар тапшылығының артуы байқалуда. Бұл мәселенің магнийге де қатысы бар (1 сурет) [18].

Деректерге сәйкес [19] ТМД территориясындағы магний хлориді тұздарының жалпы бекітілген қоры қазіргі таңда 6,7 млрд тоннаға жуық, оның 1,16 млрд тоннасын магний оксиді құрайды. Магний тұздарының барлық қорының 61,4 пайыз – Ресейде Федерациясында, 20 пайыз – Түркіменстанда, 18,4 пайыз – Украинада, 0,2 пайыз – Қазақстанда. Қазақстандағы қордың көрсетілген үлесі өте аз және қорларды технологиялық балансымен есептелмейді.

Магний қосылыстарын өндіруге болатын әлеуетті (потенциалды) шикізаттар ретінде табиғатта көп таралған магний силикаттары болып табылады, олардың кейбіреулерінің құрамында магний, бишофит немесе доломитпен салыстырғанда көбірек кездеседі [20].



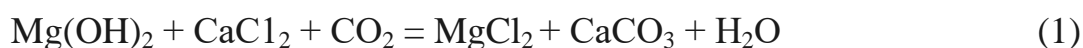
1 сурет – Магний бағасының өзгерісі

Өнеркәсіптік қызығушылық тудыратын магний силикатының бірі - - оливин  $(\text{Mg,Fe})_2\text{SiO}_4$  форстериттің  $\text{Mg}_2\text{SiO}_4$  және фаялиттің  $\text{Fe}_2\text{SiO}_4$  изоморфтық қоспасы түрінде болады [21]. Оливиннің 50-75 пайыз құрайтын дунит массивтері – тау жыныстары Уралда орналасқан [22].

## 1.2 Хлорлы магнийді теңіз суларынан өндіру

Магний хлоридін өндіру көзі теңіз және көл тұз жабындары (тұздықтары) болуы мүмкін. [23-28]. Теңіз суларынан магний хлоридін өндірудің технологиялық сұлбасы құраушы тұздарды бөлшектеп красталлдандыру процесстерінен тұрады. Теңіз суларынан булану процессінде ең бірінші калций сульфаты кристаллданады. Натрий хлоридінің қанықтылығына қол жеткенде, тұзды су булану бассейніне жіберіледі, бассейнде жалпы  $\text{NaCl}$  мөлшерінің 25 пайызы бөлініп шығады. Содан кейін қалған тұзды сулар  $(\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O})$  мирабилит кристаллдануына арналған бассейнге жіберіледі. Қыс мезгілінде тұзды сулардың температурасы минус  $15\text{ }^\circ\text{C}$  – минус  $20\text{ }^\circ\text{C}$  градусқа дейін төмендейді, олардан 75 пайызға дейін натрий сульфаты бөлініп шығады. Жаңа булану маусымының басталары алдында тұзды сулар қайтадан галитті бассейнге құйылады, ол жерде қосымша 60 пайыз  $\text{NaCl}$  кристаллданады. Құрамындағы  $\text{MgCl}_2$  үлесі 20-25 пайызға жеткізілген тұзды сулар зауытқа қайта өңдеуге жіберіледі. Тұздардың кристаллдануы мен тұзды сулардың концентрациясы сол аумаққа тән құрғақ және күрт континенталды климатқа сәйкес келетін табиғи энергетикалық ресурстардың (күн энергиясы, жел, қыс мезгілінің жағымсыз температурасы және т.б.) әсер етуімен жүргізіледі. Қойытылған хлормагнийлі тұзды су әртүрлі химиялық өнімдерді (бишофит, магний гидросиді және көмірқышқылы (негізгі карбонат), күйдірілген магнезия, магнезиалды тұтқыр заттар және т.б.) өндірудің бағалы шикізаты болып табылады [29]. Теңіз сулары калий мен магнийдің хлорлы тұздарының сарқылмайтын көзі болып табылады. Теңіз суындағы магний концентрациясының мөлшері құрлықта өндірілетін магний кендеріндегі магний үлесінен 300 есе аз болғанына қарамастан, көптеген елдер үшін, мысалы Израиль, АҚШ бұл металлдың негізгі көзі болып теңіз сулары табылады [30]. Хлорлы магнийді теңіз суынан магний гидроксидінің асбестты сүтпен тұндыру арқылы алады, оның құрамында 25 пайыз  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  болады, магний гидроксидін  $\text{MgCl}_2$  сұйытылған ерітіндісімен араластырып, тұз қышқылымен бейтараптандырады. Құрамында 15 пайыз  $\text{MgCl}_2$  бар ерітіндіні буландырады. Бұл әдіс  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  бөліп алуға мүмкіндік береді, сондай-ақ құрамында бор ерітінділары жоқ, рН жоғары шамаларында шөкпейтін магний хлоридін өндіруге болады. Металл магнийге қайта өңделетін магний хлоридінің құрамында бор үлесі 0,001 пайыз шамасынан аспау қажет.

$\text{Mg}(\text{OH})_2$  суспензиясын  $\text{MgCl}_2$  айналдыруға қажет хлор көзі ретінде  $\text{CaCl}_2$  ерітіндісі – сода өндірісінің арзан қалдықтары қолданылады.  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  суспензиясын  $\text{CaCl}_2$  ерітіндісінің көмірқышқылдандырады (карбонизация):



Шөгінді бөлінгеннен кейін құрамында 10 пайызға жуық  $\text{MgCl}_2$  және  $\text{NaCl}$  біршама мөлшері бар ерітінді қалады. Ерітіндіні  $\text{MgCl}_2$  үлесі 35 пайызға жеткенше буландырған кезде,  $\text{NaCl}$  негізгі бөлігі кристаллданып бөлініп шығады [20].

Қазақстанда магнийді өндіруге жарамды тұзды жабындарының (тұздықтардың) кездеспеуіне байланысты, магнийді теңіз суларынан бөліп алу технологиясы қолданылмайды.

### 1.3 Магний хлоридін доломиттен өндіру

Доломит кен орындары әлемнің көптеген елдерінде кеңінен тараған. Доломит, ең бастысы, отқа төзімді материал ретінде пайдаланылады [31], және де оны магний хлоридін өндіру көзі ретінде қарастыруға болады. Әдебиетте жазылған магний хлоридін доломиттен өндіру әдісі келесідей түрде сипатталады. Бастапқы доломитті термиялық өңдеуден өткізеді. Толық күйдіріліген доломитті 95–100 °С шамасында сумен сөндіреді. Алынған 11 пайызға жуық қатты фазадан тұратын пульпаны 60-40 °С температура шамасында көмірқышқылдандырады (карбонизация). Бұл кезде тек кальций гидроксиді және кальций карбонаты) көмірқышқылданады (карбонатталады). Көмірқышқылданған пульпаны тұз қышқылымен  $\text{CaCO}_3$  еріп кетпес үшін рН 7–8 шамасында селективті бейтараптандырады. Тұз қышқылын  $\text{OH}^-$  бейтараптану жылдамдығы  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  еру жылдамдығынан асып кетпес үшін ақырындап құяды. Тұндыру арқылы шөгінді бөлінгеннен кейін алынған ерітінді құрамында 16 пайызға жуық  $\text{MgCl}_2$  болады. Бұл қорытпаның бір бөлігін бірінші тұндырудан кейін араластыруға жібереді, ал қалған бөлігін екінші рет тұндыруға жібереді, содан кейін кептіріледі [20].

Жұмыста [20] доломитті сүттен, кальций сульфатынан және сілтілік металдың хлоридінен ( $\text{MgO} : \text{CaSO}_4 : \text{MeCl}_2 = 1 : 1 : 1$  мольдік қатынасында) тұратын суспензияны 40 °С төмен температурада көмірқышқылдандыру (карбонаттау) ұсынылады. Көмірқышқылдандыру соңында суспензияны қайнатады. Қалыптасқан  $\text{CaCO}_3$  ерітіндідан бөліп алады, және одан сілтілік металл сульфатын кристаллдандырып бөледі, ал қалған ерітіндіны, құрамында  $\text{MgCl}_2$  бар, кептіреді.

Құрамында  $\text{CaCl}_2$  жоқ  $\text{MgCl}_2$  өндіру үшін қалыптасқан оксидтердің жартысын ерітуге жетерлік мөлшерде алынған  $\text{NH}_4\text{Cl}$  қорытпасының көмегімен күйдірілген доломитті сөндіру арқылы алынған доломит сүтін көмірқышқылдандыру (карбонизация) ұсынылады. Көмірқышқылдандыру (карбонаттау) кезінде шөгіндіге  $\text{CaCO}_3 \cdot \text{Mg}(\text{OH})_2$  магний және кальций қосарланған көмірқышқыл тұзы бөлінеді, ал ерітіндіде  $\text{MgCl}_2$  қалады. Шөгіндіні магний гидроксидін  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  магний хлоридіне  $\text{MgCl}_2$  айналдыру үшін  $\text{NH}_4\text{Cl}$  ерітіндісімен өңдейді.

Сода өндірісінде аммиакты қалпына келтіру (регенерация) үшін асбест сүтінің орнына доломит сүтін пайдалануға болады, бұл жағдайда  $MgCl_2$  қалыптасады [32]. Сұйықтықты доломит сүтімен өңдеу кезінде бірінші  $NH_4Cl$  ерітіндісімен кальций гидроксиді химиялық реакцияға түседі. Магний гидроксиді екінші болып реакцияға түседі және тек аммиакты айдау кезінде  $95\text{ }^\circ\text{C}$  толық реакцияға түсуі мүмкін. Егер  $NH_3$  айдамаса,  $Mg(OH)_2$  мен  $NH_4Cl$  арасындағы реакция 45–50 пайыз ғана жүреді, реакция баяу жүреді және магний тотығының белсенділігіне тәуелді болады.

АҚШ-да металл магний өндіру үшін қажетті магний хлориді лангбейнит кені мен доломиттен алынады. Лангбейнитті  $KCl$ -мен алмастырып ыдырату арқылы  $K_2SO_4$  бөліп алады. Құрамында 13 пайызға жуық  $MgCl_2$  бар (тұздардың жалпы жалпы мөлшері 30 пайыз) қалған ерітіндіден кристаллдау арқылы карналлит бөліп алады, ал  $MgCl_2$  ерітіндісін су астында қыздырылатын аппараттарда шоғырландырады (концентрирование), ол бұл кезде  $KCl$  және өзге тұздардан тазартылады. Құрғатылған магний хлориді электролизге жіберіледі және электролиз кезінде босаған хлор доломиттен өндірілетін магний бикарбонатын бейтараптандыру үшін пайдаланылатын тұз қышқылына өңделеді. Алынған  $MgCl_2$  ерітіндісі шоғырландырылады және кептірілгеннен кейін электролизге жіберіледі.

Хлорлы магнийді алу үшін калий сульфаты өндірісінде пайдаланылатын сілтілік тұнбаны (щелок) қолдануға болады, оның құрамында 2,9-3,2 пайыз  $K^+$ , 5,5–6,5 пайыз  $Mg^{2+}$ , 17–18 пайыз  $Cl^-$  және 5-12 пайыз  $SO_4^{2-}$  болады [20]. Ең бірінші сілтілік тұнбаны кептіреді және лангбейнитті кристаллдандырады, осы кезде 80 пайыз  $SO_4^{2-}$  бөлініп шығады. Қалған  $SO_4^{2-}$  -ні кальций хлоридінің көмегімен шөгіндіреді,  $CaSO_4$  бөліп алады, ерітіндіні буландырып, құрамындағы карналлит пен галит элементтерін кристаллдап бөліп алады. Алынған магний хлориді ерітіндісін кептіруге жібереді [20].

#### **1.4 Магний хлоридін хризотил-асбест өндірісінің қалдықтарынан өндіру**

Құрылыстың және химия өнеркәсібінің маңызды материалдарының бірі ретінде асбест өндіру өте кең таралған өндіріс болып табылады. Асбестты Үндістан, Италия және Қазақстан елдерінде өндірген кезде серпентиндік қалдықтардың айтарлықтай көлемі алынды [3;45,46].

Асбест өнеркәсіптің түрлі салаларында таза түрде де, басқа да - цемент, мата, картон және басқа да материалдармен қосылыс кеңінен қолданылады [47-50]. Асбестті шығын салалары оның қасиеттеріне байланысты негізделген: жылу, ток және дыбыс өткізгіштігінің нашарлығы; иіру қабілеті; сілтілікке төзімділік және коррозияға қарсы қабілеті, үзілуге қарсы беріктігі; талшықтың икемділігі мен пластикалылығы; жоғары үйкеліс коэффициенті және адсорбциялық қабілеті; әртүрлі тұтқыр материалдармен - цемент, битум, шайырлар және басқалары қосылыстармен тұрақты композицияларды

калыптастыру мүмкіндігі. Өзінің бірегей қасиеттері арқасында минералды асбест өнеркәсіптің көптеген салаларында кеңінен қолданылады. Атап айтқанда, асбесттік индустрияны дамытуға басымдыққа ие салалында ерекше назар аударылады. Бұл асбест-цемент, автомобиль, химия, электротехника; энергетика, машина жасау және металлургия [51]. Асбест өндірісін дамыту әрдайым қорғаныс өнеркәсібі мен техниканың жаңадан дамыған салаларына байланысты болды.

Серпентинді кендерді өңдеу үшін ұсақтау және ұнтақтау технологиясы қолданылады, содан кейін ұнтақталған өнімді пневматикалық байытуы жүргізіледі.

Жеңіл компоненттері бар шикізатты пневматикалық байыту әдісі жоғарыдан төменге бөлінетін материалдың ағынын қамтиды. Екі бір ось бойындағы бағыттаушы беттер арасындағы бастапқы материалды айналмалы қозғалысын беру. Бөлшектердің тығыздығымен бөлінуі бөлгіш қоспаның ағынының сепаратордың жұмыс беттеріне және ауыр фракциясының (қалдықтардың) тұндыруына байланысты. Тығыздықпен бөлінген материал сепаратордан селективті түрде шығарылады. Ерекшелігі бөлуге болатын материал сепаратор қақпағы мен айналмалы корпусының центріне орнатылған тостаған тәрізді ротордың үстіңгі сыртқы бетінің арасындағы айналмалы ауа қоспасы ретінде берілуі болып табылады. Сонымен қатар, қалдық жыныстарды сепаратор корпусының ішкі жұмыс беті бойынша сепаратордың төменгі сақиналы бөлігіне спираль тәріздендіріп жібереді. Қалдық жыныстарының жұқа бөлшектері ротордың рифленген бөлігінің ішкі бетінде ауа қоспасының жоғарыдан төменгі күйінді қозғалысы кезінде сепаратордың тостаған тәрізді роторы мен жеңіл фракцияны ағызуға арналған орталық шығыс құбыр арасындағы ауаның көмегімен ұстап қалады. Сонымен қатар, тостаған тәрізді ротордың ішкі жұмыс аймағынан шыққан қалдықтар сепаратордың төменгі бөлігіне түседі, онда сығылған ауа қабаты арқылы тангенциалды бағытта айналмалы қайнау қабаты құрылады, содан соң ол құмды шүмектер арқылы қалдықтарды қалдықжинағышқа шығарады [52].

Сорғыта байытуы асбест талшығының ( $500 \text{ кг} / \text{м}^3$ ) және жыныстардың ( $2500 \text{ кг}/\text{м}^3$ ) тығыздықтарының айырмашылығына негізделген, бұл осы компоненттердің әр түрлі жылдамдықтарына әкеледі. (Ауада қалықтап ұшу жылдамдығы ауа ағымының жылдамдығы, онда қатты заттардың тік ағында орналасады). Сору экранды немесе ауа арқылы өтетін бөлгіштерде жүзеге асырылады. Негізінде, асбестті байыту процесі келесідей: ұсақталған ру тұрақты көлбеу экранға жіберіледі, онда ол стратифицирленеді, ал талшық жеңілрек жоғарғы қабатқа айналады. Қалдық жыныстар төменгі қабатта шоғырланып, тиісті қабылдағыштарға жіберіледі. Талшықтар ауа ағынының көмегімен шүмек пен ауаөткізгіш арқылы циклонға бағытталады, ол жерден концентрат күйінде шағады. Шаңды ауаны желдеткіш арқылы шаң жинағыш камераға жинап алады. Камерада шаң жиналып, жойылады және атмосфераға

электрофильтрде қосымша тазартылған ауа шығарылады [52]. Осылайша, ұнтақталған асбест қалдықтары үйінділерге өтеді.

Негізінен магний силикаты болып табылатын байыту қалдықтарын үйінділерге жібереді. Бұл қоршаған ортаға кері әсерін тигізетін үлкен қоқыс алаңдарының пайда болуына әкеледі [48, б.393]. Осы қоқыстардың бір бөлігін азайту немесе оларды қауіпті санатқа ауыстыру қоршаған ортаға теріс әсерді азайтады. Қалдықтардың көп мөлшерін (бастапқы кеннің 90-92 пайыз) құрастыру шикізатты пайдаланудың тиімділігін төмендетеді, себебі магний және басқа да бағалы компоненттер біржола жоғалтады. Алайда, бұл қалдықтар магний мен магний бар өнімдерді өндіретін перспективалы көздердің бірі бола алады [53, 54]. Сонымен қатар, серпетинит қорлары бар үйінділер жер бетінде орналасқан және өңдеуге дайын, бұл магний қосылыстары өндірісінің құнын төмендетеді.

Бұдан бұрын да айтылғандай, соңғы уақытта карналлитке деген сұраныс «ӨК ТМК» АҚ импорттық жеткізілімдермен қамтамасыз етілуде. Металлургия, сондай-ақ Қазақстандық өнеркәсіптің барлық саласына импорт алмастыратын өнімдерді өндіру міндеті қойылды. Тапсырманы орындау Қазақстан Республикасындағы карналлиттің меншікті өндірісін ұйымдастыруды талап етеді.

Асбестті сату нарығының төмендеуі өндіріс көлемінің төмендеуіне және асбест кәсіпорындарының кірісінің төмендеуіне әкеледі. Осылайша, асбест шикізатынан қосымша магний бар өнімдерді өндіру кәсіпорынның өндірістік желісін әртараптандыруға, өндіріс көлемін және экспорттық мүмкіндіктерін арттыруға мүмкіндік береді [55,56].

Төменде карналлитпен асбест өндірісін қайта өңдеу бойынша кейбір ұсыныстар берілген. Патенттік зерттеулер ГОСТ Р 15.011-96 бойынша жүргізілді.

Магний силикаттарының кешенді өңдеу әдісі - серпетинит, тұз қышқылымен серпетинді шаймалау, магний хлориді ерітіндісін кремний диоксидінің аморфты шөгінділерінен бөліп алу, оны жуу және кептіру, магний хлориді ерітіндісін қоспалардыан тазарту, концентраттау, карналитті синтездеу, сусыздандыру және электролиз арқылы магний, хлор, өңделген калий электролитін алу болып табылады. Авторлар шаймалау алдында ұнтақталған серпетинит жіктеу және магниттік бөлуді ұсынады, сондай-ақ шаймалау үшін серпетиниттің магниттік фракциясын қолдануға, магний хлориді ерітіндісін темір-никель шөгіндісін шығару арқылы тазартуға ұсыныс жасайды.

Сонымен қатар, бұл әдіс басқа ерекшелікке ие:

–магниттік бөлінуден бұрын материал көлемі бойынша фракцияларға жіктеледі (бірінші фракцияның төменгі шегі  $(0,2 \pm 0,05)$  мм), жоғарғы шегі  $(1,2 \pm 0,05)$  мм және бөлшектердің мөлшері  $(0,3 \pm 0,05)$  мм.);

–серпетиниттің магниттік фракциясының шаймалауін тоқтаусыз қарсы пульсация режимінде жүргізеді;



–магний хлоридінің бастапқы ерітіндісін құрамындағы карналиттен бөліп алғаннан кейін кальций қоспаларынан тазартады.

Берілген әдістің кемшілігі болып шикізатты шаймалау кезінде салыстырмалы түрде магнийдің аз мөлшерде 80-85 пайыз бөлінуі табылады. Осының салдары ретінде, кремнийдің аморфты диоксиді 5-8 пайыз магний оксидінен, 0,5-0,8 пайыз никель, хром және темір мөлшерінен тұрады. Өнімнің  $\text{SiO}_2$  үлесінің 98 пайыздан аз емес таза деңгейін алу үшін шаймалаудің екінші сатысын ұйымдастыру қажет, бұл процесстің аппараттық рәсімделуін қиындатады.

Магний силикаттары – серпентинитті кешенді өңдеу әдісі қалдықтарды ұнтақтау, концентратталған тұзды қышқылмен шаймалау арқылы хлормагний ерітіндісін алу [58] болып табылады. Тұнба бөлгеннен кейінгі ерітінді тазарту мен концентрацияға ұшырайды, содан кейін өткізілген электролит синтетикалық карналлит шығаратын ерітіндіге жүктеледі. Алынған карналлит магний, хлор және электролит бөлініп алынатын электролиз үшін пайдаланылатын магний хлориді шикізатын алу үшін көп сатылы сусыздандыруға ұшырайды. Хлор хлорлы сутегін өндіру үшін қолданылады, ол процесске қайтарылады. Алынған магний хлориді ерітіндісі тазартылады, концентратталады және екі бөлікке бөлінеді, бір бөлігі синтетикалық карналлит алу үшін жіберіледі, ал қалған бөлігін кальцийлендірілген сода ерітіндісімен өңдейді; көмірсутекті паста түрінде тұнба магний хлоридінің ерітіндісінің тазартылуына және концентрациясына жіберіледі, ал бастапқы ерітінді тауарлық өнімдерді дайындауға жіберіледі. Бұл әдіс бойынша кемшіліктер - шикізатты кешенді өңдеудің болмауы, магнийдің тек бір компоненті - серпентинит ғана өндірілген.

Құрамында магний бар қалдықтарды магний электролизіне қажетті карналлит алу үшін өңдеу [59] әдісі ұсынылған, оған сәйкес еріген магний хлориді және ерімейтін кремний диоксиді бар суспензия алу арқылы серпентинитті тұз қышқылымен сілтілендіреді. Суспензия хлормагний ерітіндісіне және қатты фазаға сүзгілеу арқылы бөлінеді. Сүзінді бейтараптандыру және сүзу арқылы қоспалардан тазартылады. Магний хлориді ерітіндісі электролиз арқылы магний, өңделген электролит және анодты хлорлы газ алу үшін карналлитті бөлу арқылы өңделеді. Кремний диоксиді анодты хлорлы газбен хлорландырады. Алынған кремнийлі тетрахлоридін аэросил және сутегі хлориді алу үшін бу фазасының гидролизіне ұшыратады. Сутегі хлориді карналлитті сусыздандыру және тұз қышқылын алу үшін қолданылады.

Бұл әдістің кемшілігі, магний хлоридінің ерітіндісінің нашар сүзуіне, хризотилді асбест өндірісінің қалдықтарын пайдаланудың күрделілігіне байланысты процесстің төмен өнімділігі болып табылады.

Серпентинді өңдеудің белгілі әдісі [60, 61], серпентиниттің тек бір компоненті – магний қолданылады, қалдықтардың басқа құрамдас бөліктері - темір және басқа да түсті металдар өңделмейді.

Осылайша, көптеген зерттеулер мен әзірлемелер асбест қалдықтарынан карналлитті өндіруге арналғанын байқауға болады. Дегенмен, бұл әдістер өнеркәсіптік ауқымда орындалмады.

Магний өндірісі үшін перспективті шикізат - теңіз және көл тұзды сулары. Дегенмен Қазақстанда өнеркәсіптік магний хлоридінің көзі болатын теңіз және көлдің тұздықтары жоқ.

Магний қосылыстарын өндіруге арналған потенциалды шикізат, әрине, әлемнің түрлі бөліктерінде, соның ішінде Қазақстан аумағында үлкен қорлары бар, магний силикаттары, әсіресе, серпентиниттер болып табылады.

Қазақстандағы калийді өндіруге арналған шикізат ретінде титан мен магний өндірісінің хлорлы қалдықтары қызмет етуі мүмкін.

Асбест қалдықтары мен калий хлориді ерітінділерін шаймалау арқылы алынған магний хлориді ерітінділері синтетикалық карналлит өндіруге мүмкіндік береді.

«Қостанай минералдары» АҚ-ның асбест қалдықтарын «ӨК ТМК» ААҚ титан хлораторлары балқымасын сілтілендіріп алған калий бар ерітіндімен шаймалау арқылы алынған магний хлоридінің ерітінділерін араластыру арқылы синтетикалық карналлит өндіру технологиясын қабылдадық, титан хлораторларының өткізілген балқымаларын шаймалау арқылы алынған, содан соң алынған ерітінділерден карналлит кристаллданады.

## 2 ХРИЗОТИЛ ӨНДІРІСІНІҢ ҚАЛДЫҚТАРЫН ҚАЙТА ӨНДЕУ

1 бөлімде тұжырымдалғандай, зерттеу объектісі ретінде «ӨК ТМК» БАҚ титан хлораторларының қорытпасын шаймалау арқылы алынған тұзды қышқылмен, құрамында калий бар ерітінді, «Қостанай минералдары» АҚ-ның хризотил-асбест қалдықтарын шаймалау арқылы алынатын магний хлоридінің ерітіндісін айдау жолымен жүгізілетін карналлит синтезі қарастырылды.

### 2.1 Бастапқы шикізат сипаттамасы

Магний хлоридінің көзі ретінде «Қостанай минералдары» АҚның хризотиасбест өндірісінің қалдықтары - Жетіқара асбест комбинатының қалдықтары алынды.

«Қостанай минералдары» АҚ Қазақстан Республикасында хризотилді кендерді өндіру және өңдеу бойынша жалғыз кәсіпорын. Географиялық жағынан алғанда, мекеме Қостанай облысындағы Қостанай қаласынан 200 км оңтүстікке қарай, Жетіқара қаласында орналасқан. Кәсіпорынның шикізат базасы – Жетіқара кен орны. Хризотил қоры бойынша әлемде бесінші орынды иеленеді [71]. Осы кен орнының негізінде «Қостанайасбест» комбинаты, қазір «Қостанай минералдары» 1965 жылы салынып, пайдалануға берілді.

Хризотилді - асбест рудаларын байыту кезінде үш өнім алынады:

1 мақсатты өнім - асбест талшықтары (2-сурет);

2 ұнтақталмаған бөлігі - құрылыс материалы ретінде пайдаланылатын қалдықтар;

3(асбест қалдықтары - бөлшектердің мөлшері  $\approx 2$  мм-ден аз болатын шағын бөлшектер), (3-сурет).



3 Сурет – Асбест қалдықтары

2 Сурет – негізгі өнім асбест (бөлшек өлшемі - 3 мм кем) талшықтары

Кен құрамындағы компоненттердің ықтималды бөлінуін зерттеу үшін бастапқы үлгі түрлі фракцияларға бөлінді: -1 + 0,5; -0,5-0,25 және -0,25 мм. Барлық фракциялардың үлгілері химиялық, рентгенді фазалық және электрондық микроскопиялық талдауға ұшырады. Әртүрлі фракциялардың химиялық талдау нәтижелері бойынша әртүрлі фракциялар құрамындағы магний үлесі іс жүзінде бір-бірінен ерекшеленбейді және кез-келген көлемдегі материалдар әрі қарай өңдеу үшін жарамды деп табылды (1 кесте).

1 кесте – Фракциялар бойынша өнімнің химиялық құрамы

Фракция өлшемі, мм	MgO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	NiO
-1+0,5	39	36,39	0,79	0,46	3,39	0,22
-0,5+0,25	39,95	36,64	0,72	0,49	4,87	0,25
-0,25	39,1	36,1	0,75	0,44	5,7	0,25

Минералды негіз - серпентин – 3MgO·2SiO<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O (2 кесте). Үлгі серпентинитпен ұсынылған және құрамында кристалды және аморфты күйде кремнезем бар (4 сурет).

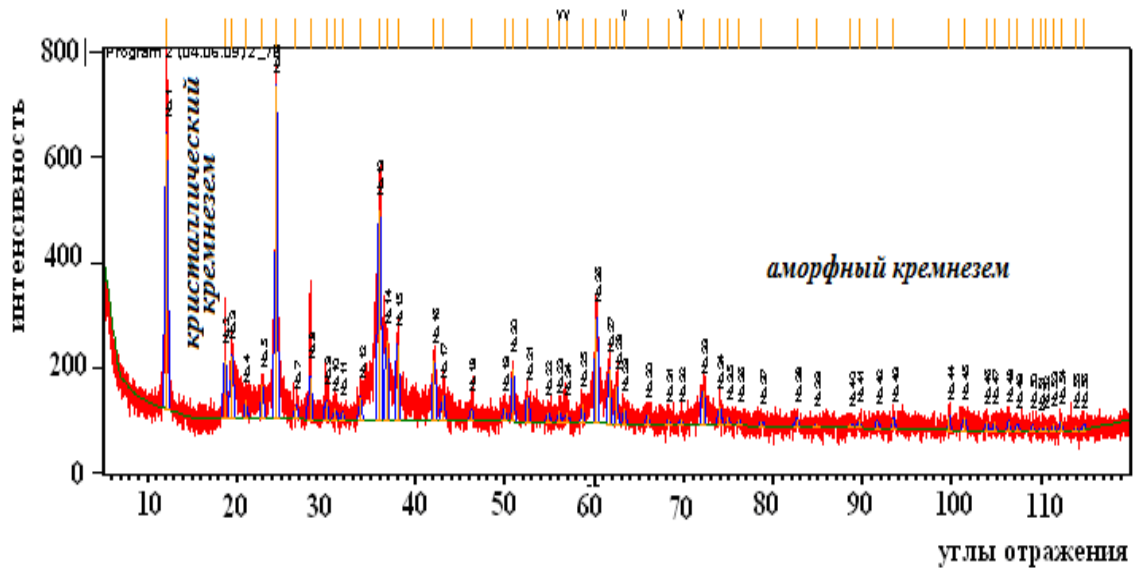
2 Кесте – Асбестты қалдықтардың рентгенді фазалық құрамы

Компонент	Формуласы	% массасы
Серпентин	3MgO·2SiO <sub>2</sub> ·H <sub>2</sub> O	59
Тальк	3MgO·4SiO <sub>2</sub> ·H <sub>2</sub> O	19
Брусит	Mg(OH) <sub>2</sub>	6
Форстерит	Mg <sub>2</sub> SiO <sub>4</sub>	5
Магний оксиді	MgO	3

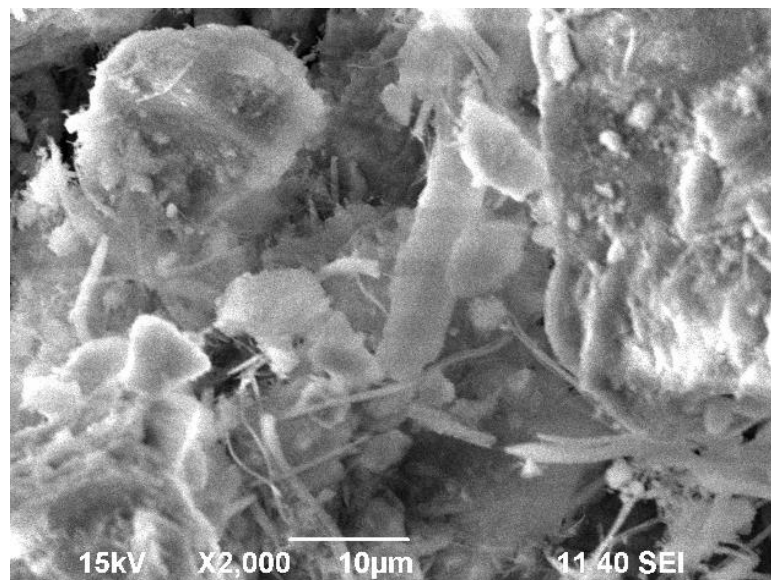
Бастапқы үлгілерде болатын басқа компоненттердің 5-6 пайызға дейін оксидтер -гематит және магнетит түрінде болады.

Брегг бұрыштарының 11 және 25 градусында орналасқан серпентин және тальк ретінде анықталған рентгенограммадағы айқын дифракциялық максимумдарға назар аудару қажет (4 сурет).

Құрылымдық түрде үлгі әртүрлі мөлшердегі бөлшектермен ұсынылған. Асбест талшықтары байқалады (5 сурет).



4 Сурет – Бастапқы асбест өнімінің рентгенограммасы



5 Сурет – Бастапқы асбест қалдықтарының электронды микрофотосуреті

Суретте рентгенографқа көмегімен анықталған, көлемі 59 пайызға дейін болатын серпентинмен байланысты болуы мүмкін жіңішке-инелі талшықтар көрсетілген. Сонымен қатар, қалыңдығы 0,1-ден 5 микронға дейінгі қалың талшықты тұнба табылды, олар талькпен байланыстырылуы мүмкін. Агрегатты бөлшектердің үлкен көлемдері анықталмаған пішінде болады, олардың құрамына аморфтық компоненттер кіруі мүмкін (4 кесте).

Зерттеу үшін зерттеуге қабылданған барлық асбест қалдықтарының үлгілері таңдап алынды және орташаланды. Фаза талдауы бойынша әртүрлі көлемдегі үлгілердегі қалдықтардың минералды құрамы бірдей.

Зерттелген үлгілердің негізгі компоненттері, пайыз: MgO – 39,0-42,0; SiO<sub>2</sub> – 37,0-41,0; CaO – 1,1-1,6; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 4,0-5,4; FeO – 1,0-2,7 ( Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> – 6,0-7,0

катысты есептегенде);  $Al_2O_3$  – 0,8-1,4;  $NiO$  – 0,1-0,25. Кобальт, хром, марганец, натрий, калий, титан және басқа да көптеген металлдар шамалы мөлшерде кездеседі (барлығы 0,32 пайызға дейін).

## 2.2 Хризотил–асбест өндірісінің қалдықтарын термиялық талдау

Бастапқы материалдардың фазалық құрамын растау үшін термогравиметриялық әдіспен талданды.

Термиялық талдау «Paulik-Paulik-Erdey» жүйесінің дериватографымен жүргізілді. Құрылғы типі Q-1500 D, «МММ» фирмасы, Будапешт.

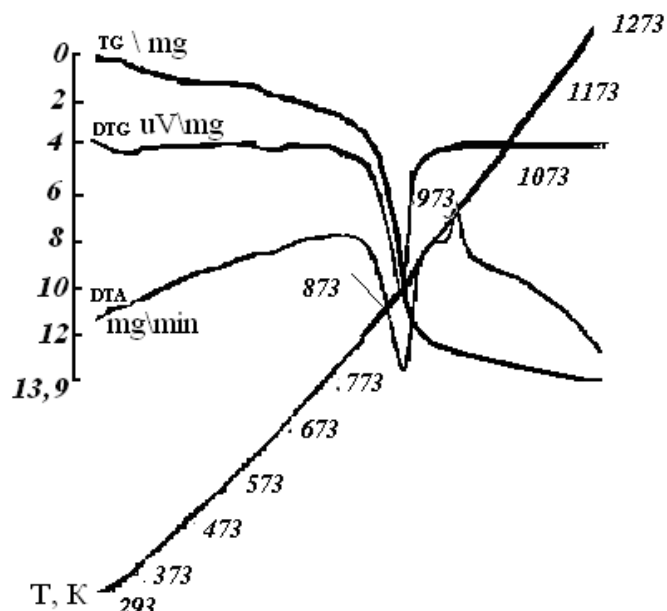
Талдау шарттары: температура диапазоны - 293-1273 К, динамикалық қыздыру режимі 10 град / мин, ауа ортасы; эталондық зат -  $Al_2O_3$ : қалыптар алунд; үлгі салмағы - 500 мг.

Сынаманың термохимиялық күйі келесі қисықтармен сипатталады:

- T - температуралық қисық;
- DTA - дифференциалды–термиялық;
- TG - сынама массасының өзгеруінің термогравиметрлік қисығы;
- DTG - зерттелетін үлгі массасының өзгеру жылдамдығын сипаттайтын дифференциалды-термогравиметрлік қисық.

Минералдардың ұнтақ үлгілерін бірдейлендіру термиялық қисықтардың морфологиясы және олармен байланысты TG–сызықтардың термогравиметриялық белгілерін қолдану жолымен эндо– және экзотермиялық әсерлердің жиілігінің сандық мәндері арқылы анықталды. Талдау нәтижелері В.П. Иванованың минералдар мен тау жыныстарының жылу қисықтары атласынан алынған мәліметтермен салыстырылды [72].

Рентгенофазалық және дифференциалды-термиялық талдау нәтижелері бойынша, бастапқы асбест қалдықтарының үлгілері серпентин тобынан жақсы кристалданған минерал ретінде анықталды. Термоаналитикалық және термогравиметрлік параметрлер оны хризотилді асбест түрлеріне жатқызуға мүмкіндік береді. Бұл құрылыстың кристалдық құрылымының дамуы 873 К DTA-қисығы бойынша терең эндотермиялық шыңның болуымен (993 К) экзотермиялық бағдардың басқа шыңына дейін өтетін жердің бар екендігін дәлелдейді. Жүйеден айтарлықтай жылудың бөлінуіне әкелетін реакция октаэдр қабатындағы гидроксильді судың құрылымының ( $\Delta m_{440-700^\circ C} = 10,2$  пайыз) шығуымен байланысты. Минералды сусыздандыру, ең алдымен, құрылымның брусит тәрізді қабатын жоюға, содан кейін жылу энергиясының көп бөлінуімен қатар жүретін кремний-оттегі каркасының қирауына алып келеді, бұл - экзотермиялық әсер (873-993 К).



6 Сурет – Асбестты қалдықтардың термогравитограммасы

Сынаманың сусыздануының қадамдық сипатымен бірге, термогравиметрия барлық температура диапазонында үлгі массасының үздіксіз азаюын белгілейді.

Термиялық бұзылу процесінде атмосфераға аз мөлшерде HCl бөлінуі мүмкіндігі бар, алайда бұл талдаудың қол жетімді әдістерімен диагностикалау қиын.

Алғашқы үлгілердің термогравиметриялық анализі 993 К аймағында терең эндотермиялық шыңымен расталған, экзотермиялық бағдардың басқа шыңына шығатын, дамыған кристалдық құрылымы бар хризотилді асбесттың болуын анықтап берді.

### 2.3 Хризотилді асбест өндірісінің қалдықтарын шаймалаудың термодинамикалық заңнамасы

Хризотилді-асбест материалдарын өңдеу технологиясының бастапқы параметрлерін негіздеу үшін асбест қалдықтары мен титан-магний өндірісі, ерітінділерді тазарту, карналлит кристаллизациясы қалдықтарын шаймалау процестерін термодинамикалық талдау жүргізілді.

Бірінші тарауда айтылғандай, асбест қалдықтары магний мен магний бар өнімдерді өндіруге жарамды перспективалы көздердің бірі бола алады. Асбест өндірісінің қалдықтарының бағалылығы магний оксидінің 42 пайызға дейін бар екендігімен түсіндіріледі. Серпентинит қорлары бар үйінділер жер бетінде орналасқан және қайта өңдеуге дайын, бұл магний өндірісінің өзіндік құнын төмендетуге әкеледі.

Магний силикаттарының еру процесстерінің термодинамикалық негіздемесі үшін термодинамикалық есептеулер OUTOKUMPU OU

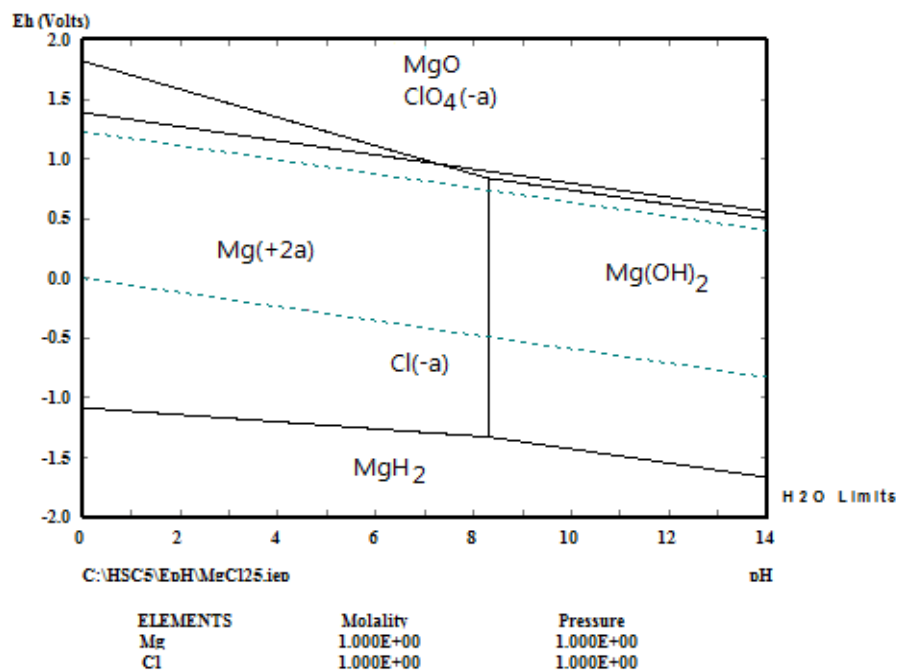
компаниясының термодинамикалық есептеулер бағдарламасы бойынша орындалды (3 кесте). Асбест қалдықтарының негізгі компоненттерінің мінездемесі қарастырылады.

3 Кесте – Минералды қышқылдардағы магний құрамдас компоненттерді шаймалау реакциясының стандартты еркін энергиясы ( $\Delta G^0$ , кДж), (1 моль MgO бойынша есептелді)

Реакция	$\Delta G^0$ , температурасы, К		
	313	353	373
Тұз қышқылында			
$3\text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} + 6\text{HCl} = 3\text{MgCl}_2 + 2\text{SiO}_2 + 5\text{H}_2\text{O}$	-5,06	-3,11	-2,23
$3\text{MgO} \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O} + 6\text{HCl} = 3\text{MgCl}_2 + 4\text{SiO}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$	-2,73	-0,67	-0,03
$\text{Mg}_2\text{SiO}_4 + 4\text{HCl} = 2\text{MgCl}_2 + \text{SiO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	-5,89	-4,4	-3,65
$\text{Mg}(\text{OH})_2 + 2\text{HCl} = \text{MgCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	-9,98	-8,08	-7,17
$\text{MgO} + 2\text{HCl} = \text{MgCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$	-16,34	-14,09	-12,99

Стандартты еркін энергияның мөлшері күкірт қышқылы, тұз қышқылы және азот қышқылдары арқылы шаймалау кезінде серпентинді минералдардың құрамындағы магнийдің ерітіндіге дейін ауыстыру мүмкіндігін көрсетеді. Еркін магний оксиді силикатпен байланыстырылған оксидпен салыстырғанда жақсырақ ериді. Серпентин, тальк және магний силикаты еріген кезде  $\text{SiO}_2$  босатылады және бөлініп шығады. Термодинамикалық мүмкіндікті (әлеуетті, потенциалды) жоғалту күкірт қышқылымен шаймалау кезінде болады. Бұл күкірт қышқылында ерітілген кезде магний сульфаты қалыптасады, оның қалыптасу мүмкіндігі (әлеуеті, потенциалы) хлоридті қалыптастыру мүмкіндігінен (әлеуетінен) әлдеқайда көп. «Mg-O-Cl» жүйелерінің Eh-pH диаграммалары магний оксидінің тұз қышқылыда шаймалау pH 0 - 8.2 кезінде жүргізілуі мүмкін екендігін көрсетеді. Жүйедегі тотығу потенциалы 1,8-1,3 дейін өскен сайын, хлор ионы (ерітіндінің pH мәніне байланысты)  $\text{ClO}_4^-$  анионға тотықтырылады (7 сурет).





7 Сурет – «Mg-O-Cl» жүйесінің 298 К кезіндегі Eh-pH диаграммасы

Осылайша, магнийді ерітіндіге ауыстыру арқылы тотықтырылған магний қосылыстарын шаймалау тұз қышқылында рН және ерітінді потенциалдарының кең ауқымында болуы мүмкін.

## 2.4 Шаймалауды технологиялық зерттеу

### 2.4.1 Зертханалық зерттеулер әдістемесі

Асбест қалдықтарын шаймалау процесінің зертханалық зерттеулері процестің кинетикасын зерттеу үшін қолданылатын процедураға сәйкес үнемі араластыруға болатын шыны стакандарда жүргізілді. Асбесттың үлгісі стаканға жүктелді және температура қажетті мәнге көтерілді. Содан кейін қышқылды, алдын ала белгіленген температураға дейін қыздырылған реакторға құяды. Осы кезеңнен бастап шаймалау ұзақтығы есептеледі. Шаймалаудан кейін пульпа салқындатусыз сүзгіленеді.

Шаймалау қалдықтары сүзгіде қышқылдандырылған ерітіндімен жуылады. Алынған ерітінді мен шаймалау қалдықтары магний, темір, кальций қосылыстарының бар-жоқтығына талданады; ерітіндінің қалдық қышқылдығы анықталады.

Процестің тапсырмасы – асбест қалдықтарын қышқылдық шаймалау үшін жағдайды таңдау, бұл ерітіндіде магний мен магнийдің барынша калпына келуін қамтамасыз ету қажет. Тұз қышқылын шығындау магний

қосылыстарын еріту үшін стехиометриялық қажетті 80 пайыздан 120 пайызға дейін өзгерді.

#### 2.4.2 Зерттеу нәтижелері және оларды өңдеу

Қышқылдың шығынын, температурасын, қаттыдан сұйыққа қатынасы, магнийді ерітіндіге шығару процесінің ұзақтығы, ерітіндінің мазмұны және алынған пульпаның сүзу жылдамдығы зерттелді. Қышқыл шығын мен сұйықтың қатты қосылыстарға әсері 358 К температурада 3 сағат және Қ:С=1:3 қатынасында зерттелді.

4 Кесте – HCl шығынының шаймалау процессіне әсері (  $\tau = 3$  сағат;  $T = 358$  К; Қ:С = 1:3)

HCl, % стех.	Өнімді ерітіндідегі мөлшері, г/л			Магнийдің ерітіндігі бөлінуі, %	Сүзу жылдамдығы $\text{м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{сағ}$
	Mg	HCl <sub>қал</sub>	Fe <sub>орт</sub>		
80	57	13	6,2	71	0,66
90	66	17	6,4	83	0,58
100	73	22	6,9	92	0,52
110	76	40	6,9	94	0,45
120	76	63	6,9	94	0,31

HCl шығынының артуымен магнийдің ерітіндідегі мөлшері көбейеді.

Алайда, бұл нәтиже пульпаның сүзу жылдамдығын 0,66-дан 0,31  $\text{м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{сағ}$ . дейін азайтады, бұл процесс ұзақтығының артуына әкеп соғады, өнімді ерітіндідегі қышқылдың қалдық концентрациясы артады.

Қалдық қышқылдың ерітіндідегі концентрациясын жоғарылату арқылы бейтараптандыру темірден және никельден ерітінділ ерді гидролитикалық тазалау кезінде бейтараптандырғышты айтарлықтай шығындауды талап етеді.

Технологиялық қолайлы нәтижелер қышқылды шығын стехиометрияның 100 пайыз болған кезде жүзеге асырылады.

Бұл жағдайда магний өндірісі 92 пайыз құрайды, өнімді ерітіндіде оның мөлшері 72-73 г/л, бұл карналлит алу үшін жағдайларды қанағаттандырады. Алынған пульпаның сүзу жылдамдығы 0,5-0,6  $\text{м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{сағ}$ . құрайды (4 кесте).

Сілтіден ажыратылған қалдықтардағы алтын мөлшері шамамен 0,5-0,6 г/т құрайды. Шаймалау қалдықтары – кремнеземді кек - алтын алуға жіберіледі.

5 Кесте – Қ:С қатынасының шаймалау процессіне әсері ( $\tau = 3$  сағ;  
 $T = 358$  К;  $\text{HCl} = 100$  пайыз стехиометриядан)

Қ:С	Өнімді ерітіндідегі мөлшері, г/л			Магнийдің ерітіндіге бөлінуі, %	Сүзу жылдамдығы $\text{м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{сағ}$
	Mg	$\text{HCl}_{\text{қал}}$	$\text{Fe}_{\text{орг}}$		
1:2	68	35	10,4	86	0,39
1:3	73	22	6,9	92	0,52
1:4	56	12	5,2	94	0,56
1:5	44	10	4,1	94	0,61

1:2-ден 1:5 дейінгі қаттының сұйықтыққа қатынасының өзгеруі (5 кесте) магнийдің ерітіндіге бөлінуіне аз әсер етеді. Дегенмен, Қ:С қатынасы 1:5 қатынасынан төмен болған кезде өнімді ерітіндідегі магний мөлшері төмендейді, бұл материал ағындарының көбеюіне әкеледі және ерітіндінің булануы процесінің құны артады.

Ұзақтығын арттыру магниймен қышқылдың толық реакциясына ықпал етеді. 1,0-ден 3,0 сағатқа дейін ұзарған кезде магний бөлінуі 57 пайыздан 92 пайызға дейін артады (6 кесте). Шаймалаудың ұзақтығының артуы магнийдің ерітіндіге әсерін тигізбейді, бірақ ол пульпаны сүзу жылдамдығын едәуір азайтады, бұл процестің құнына теріс әсер етеді. Әрі қарайғы зерттеу үшін біз 3 сағаттық процесті өткіземіз. Темір мен кальцийді ерітіндіге шығару процестің ұзақтығына байланысты емес - бұл металдардың негізгі бөлігі шаймалау процесінің алғашқы сағатында ерітіндіге өтеді.

6 Кесте – Процесс ұзақтығының шаймалау процессіне әсері (Қ:С=1:3;  
 $T = 358$  К;  $\text{HCl} = 100$  пайыз стехиометриядан)

$\tau$ , сағ	Өнімді ерітіндідегі мөлшері, г/л			Магнийдің ерітіндіге бөлінуі, %	Сүзу жылдамдығы, $\text{м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{сағ}$
	Mg	$\text{HCl}_{\text{ост}}$	$\text{Fe}_{\text{общ}}$		
1,0	45	187	5,1	57	0,85
2,0	59	61	5,9	74	0,71
3,0	73	22	6,9	92	0,52
4,0	75	20	7,0	93	0,36

7 Кесте – Температураның шаймалау процессіне әсері, К:С=1:3;  
 $t = 3,0$  сағ;  $\text{HCl} = 100$  пайыз стехиометриядан)

Т, К	Өнімді ерітіндідегі мөлшері, г/л			Магнийдің ерітіндіге бөлінуі, %	Сүзу жылдамдығы $\text{м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{сағ}$
	Mg	$\text{HCl}_{\text{ост}}$	$\text{Fe}_{\text{общ}}$		
298	30	142	4,6	37	1,20
323	49	87	6,3	62	0,75
358	73	22	6,9	92	0,52

Температураның артуы (7 кесте) магний бөлінуіне жағымды әсер етеді, қышқылдың толық шығындалуына, өнімді ерітіндідегі магний құрамының ұлғаюына ықпал етеді. Дегенмен, процестің температурасы арта бастағанда, ерітіндіге темірді бөліп шығару үшін қажетті қышқылдың шығыны артады. Бұл ерітіндінің 142 г/л-ден 358 К температурада 298 К-ден 22 г/л дейін қышқылдығын төмендетеді. Ерітіндіге темірдің бөлінуін және концентрациясын жоғарылату, сондай-ақ ерітінділердің қышқылдық деңгейін төмендету темір гидроксидінің гельдерінің ұлғаюына әкеледі және бұл алынған суспензияларды 1,2-ден 0,52  $\text{м}^3/\text{м}^2$ -ге дейін сүзу жылдамдығын төмендетеді. Әрине, өнімді ерітіндідегі темір мөлшері процестің қолданылуын шектемейді, өйткені технология темірден бастапқы қалдықтарды тазартуды қамтамасыз етеді, бұл ерітіндідегі темір мөлшерінің төмендеуіне әкеледі. Дегенмен, сүзудің баяу жылдамдығы процестің құнын едәуір арттырады және оны технологиялық жағынан кемітеді.

Серпентиниттердің алдын-ала магнитті байытуы шикізаттың құрамындағы темірдің мөлшерін азайтуға мүмкіндік береді, демек өнімді ерітіндідегі концентрациясын кемітеді, бұл пульпалардың сүзу жылдамдығын арттыруға мүмкіндік береді. Осылайша, келесі зерттеулер үшін 358 К температурасы таңдалды, бұл магнийді 92 пайызға дейін өндіріп алуға мүмкіндік береді.

Осылайша, келесі зерттеулер үшін келесі шаймалаудың келесі шарттары таңдап алынды:

- Материалдың ірілігі -0.25 мм;
- Стехиометриялық қышқыл шығыны;
- 1:3 шаймалау кезінде К:С қатынасы;
- Процесс температурасы 358 К;
- Ұзақтығы - 3,0 сағат



$\text{Fe}^{2+}$  -  $\text{Fe}^{3+}$  тотығуының термодинамикалық талдауының нәтижелерінен көріп отырғанымыздай, барлық ұсынылған тотығу агенттері - сутегі асқын тотығы ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ), газ хлоры ( $\text{Cl}_2$ ), натрий перхлорат ( $\text{NaClO}_4$ ) және  $\text{Ca}(\text{ClO}_4)_2$  кальций перхлораты мүмкін.

## 2.5 Нәтижелер және оларды талқылау

Темірден гидролитті тазарту процесінде құрамында: Mg - 74,8,  $\text{Fe}^{2+}$  - 0,05,  $\text{Fe}^{3+}$  - 2,51 г/л бар ерітінділерді алады. Темірден ерітінділерді гидролиздік тазарту магний оксидімен (9 операциясы) рН 7,5 - 8,5 дейін ерітіндіні бейтараптандыру арқылы жүзеге асырылады, содан кейін тұнба сүзу арқылы (10 операция) бөлінеді.

Зерттеу нәтижелері көрсеткендей, нәтижесінде ерітіндіде үшвалентті темір мөлшері анықталмаған деңгейде қалады. Процесс температурасы 298-ден 358 К-ге дейін артады, эквивалентті темірдің қалдық шоғыры 0,05-дан 0,02 г/л-ге дейін төмендейді. Сонымен бірге ерітіндінің рН 4,6-дан 8,2-ге дейін, ал магнийдің концентрациясы 74,8-ден 85 г/л-ға дейін өседі 10 кесте). Бұл температура артқан сайын тұз қышқылының ерітіндісінде магний оксидінің ерігіштігі артуына байланысты.

8 Кесте – Темірден гидролитикалық тазартуға температураның әсері (t= 0,5 сағ; шығын MgO 100 пайыз стехиомет., ерітінді құрамында 0,05 г/л  $\text{Fe}^{2+}$ , 1,51 г/л  $\text{Fe}^{3+}$  бар, рН = 0,8)

Т, К	Тазартылған ерітінді				Сүзу жылдамдығы м <sup>3</sup> /м <sup>2</sup> ·час
	$\text{Fe}^{2+}$ , г/л	$\text{Fe}^{3+}$ , г/л	$\text{Mg}^{2+}$ , г/л	рН	
298	0,05	0,0	79	4,6	0,8
323	0,03	0,0	81	6,3	1,7
358	0,02	0,0	85	8,2	3,1

MgO шығыны қажетті деңгейден 80 пайыздан 120 пайызға стехиометриялық артқан сайын эквивалентті темірдің қалдық мөлшері 0,02 г/л – ға дейін азаяды (11 кесте).

9 Кесте – Темірдің гидролитикалық шөгу деңгейіне магний оксиді шығынының әсері (  $t= 0,5$  сағ;  $T=358$  К, ерітінді құрамында  $0,05$  г/л  $Fe^{2+}$ ,  $1,51$  г/л  $Fe^{3+}$  бар,  $pH = 0,8$ )

MgO, % стих.	Тазартылған ерітінті				Сүзу жылдамдығы, $m^3/m^2 \cdot сағ$
	$Fe^{2+}$ , г/л	$Fe^{3+}$ , г/л	$Mg^{2+}$ , г/л	pH	
80	0,05	0,0	82	6,5	1,8
100	0,03	0,0	85	8,2	3,1
120	0,02	0,0	91	8,9	3,8

Темірден магний хлоридінің бастапқы ерітінділерін тазарту технологиясын қиындатудың басты себебі - бұл қалдықтарды тазартудың қанағаттанарлықсыз төменгі деңгейі. Сүзгі материалы мен шөгінді бөлшектердің арасындағы бос кеңістік эквивалентті темір гидроксиді  $Fe(OH)_2$  арқылы бітеледі.

Зерттеулер көрсеткендей, ерітіндінің pH мәні 6,8-ден 8,9-ға дейін артады, сүзу жылдамдығы 1,8-ден 3,1  $m^3/m^2 \cdot сағ$  дейін өседі.

### 3 Экономикалық бөлім

#### 3.1 Зерттеу жұмысын жүргізуге жұмсалған шығындарды есептеу

Зерттеу жұмыстарын жүргізуге жұмсалған шығындарды келесі формуламен есептейміз [22]:

$$Ш_{зөк} = Ш_{жкш} + Ш_{эш} + Ш_{ж} + Ш_{аа} \quad (3.1)$$

$Ш_{зөк}$  – зерттеудің өзіндік құны;

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

$Ш_{эш}$  – электрэнергия шығыны;

$Ш_{ж}$  – жалақы;

$Ш_{аа}$  – амортизациялық аударым.

#### 3.2 Негізгі және қосалқы материалдар шығынын есептеу

Эксперимент жасауға, тәжірибе жүргізуге арналған қосымша және негізгі материал шығынын есептейік. Есептеу нәтижелері (3.1 кестеде) келтірілген.

10 Кесте – Негізгі және қосалқы материалдар шығыны

Материалдардың атауы	Материал шығыны	Бірлік бағасы, тг	Жалпы бағасы, тг
Тұз қышқылы HCl, л	0,5	750	1500
Натрий гидроксиді, л	0,5	175	6772,8
Су	2	0,029	14,15
Барлығы:		925	8287

Негізгі және қосалқы материалдарға кеткен шығын бір айда 925тг құрайды [62].

#### 3.3 Электрэнергияға кеткен шығынды есептеу

Электр тоғын қолданатын аспаптар:

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

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

– 1 кВт электр тоғы 24,32 тг құрайды. Сонда 42 кВт электрэнергиясы

$42 \cdot 24,32 = 1021$  тг болады.

Демек, 1 айға электрэнергиясына 1021 тг шығындалады.

### 3.4 Салқын суға кеткен шығынды есептеу

Орта есеппен бір тәжірибе жүргізгенде 2 литр су шығындалады. Сонда 1 тәжірибеге 2 литр су шығындалады.  $1 \text{ м}^3$  салқын судың бағасы 14,50 тг, сонда  $0,002 \text{ м}^3$  суымыз:  $0,002 \cdot 14,50 = 0,029$  тг тұрады.

### 3.5 Техничo - экономикалық көрсеткіштер

Есептелген мағлұмат бойынша берілген ғылыми - зерттеу жұмысын сипаттайтын кесте құрамыз [63].

11 Кесте – Ғылыми - зерттеу жұмысының технико - экономикалық көрсеткіштері

Көрсеткіштері	Мәндері
Зерттеуге кеткен шығын, тг	5682,6
Жалақы мен аударылым, тг	40950
Жобаның өтелу мерзімі, жыл	1,1
Бірінші жылдық 10 % рентабелділігінің экономикалық тиімділігі, тг	393,212



## **4. Қауіпсіздік және еңбек қорғау**

### **4.1 Кәсіпорынның жалпы сипаттамасы**

Дипломдық жұмыстың зерттеу жұмыстары Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ Ұлттық Техникалық Университетінің «Металлургиялық процестер, жылу техника және арнайы материалдар технологиясы» кафедрасындағы зертханада орындалды. Ол зертханада адамның денсаулығы мен жұмыс істеу қабілетіне ықпал етуші факторларға жататындар:

- өндірістік микроклимат – ауаның температурасының, ылғалдығының және жылдамдығының ұштасуы, сонымен қатар жылулық сәулелену;

- өндірістік көздерден туатын сәулелену (иондаушы және иондамаушы), энергетикалық өріс (электромагниттік, гравитациялық және т.б.), акустикалық және дірілді тербелістер;

- ұжымдағы әлеуметтік-психологиялық климат.

Қарастырылып отырған бұл жұмысты орындау кезінде техника қауіпсіздігін сақтамаған жағдайда өндірістік жарақат алу мүмкіндігі болады. Ең қауіпті және зиянды болатын жағдай:

- жабдықтарға химиялық активті орта әсері мүмкіндігінен туындайтын, жоғары қауіптіліктің салдарынан электр тогынан түсіп қалу .

Жоғарыда айтылғандармен байланысты кейбір қолайсыз факторларды атап айту қажет:

- қышқылдар және сілтілер ерітінділерімен дұрыс жұмыс істемеген кезде терінің және дем алу жолдарының күйіп қалуы.

### **4.2 Кәсіпорында еңбекті қорғау және кәсіптік қауіпсіздігін ұйымдастыру**

Өндірістік және қосалқы ғимараттар жалпы жабдықтаумен және сарқылған желдеткішпен жабдықталған. Желдету үшін ауа таза аймақтан алынады; әйтпесе ол алдын ала тазаланады, ауа ластанған жерлерден берілмеуі керек.

Жалпы желдетуді жергілікті газдардың желдетілуімен жойылмайтын зиянды газдардың мөлшерін (бірақ шаң жоқ) игеру керек.

Ауа кіріс арналарының қабырғаларда тесіктер бар, торлармен қорғалған немесе саңылаулармен жабдықталған.

Әуе кәбілдері өндіріске кедергі келтірмеу үшін, цехта жұмыс істейтін және терезе саңылауларын жаппау үшін орналастырылуы керек.

## Қорытынды

Құрамында 39-41 пайызға дейін MgO болатын асбест қалдықтары жақсы кристалданған каолинит тобының минералдарына – серпентин, жетілген кристалдық құрылымы бар хризотил-асбест түріне жатады

Термодинамикалық зерттеулер магниймен тотықтырылған магний қосылыстарын ерітіндіге ауысудың рН мен ерітінді потенциалдарының кең ауқымында тұз, күкірт және азот қышқылымен сілтіден ажыратылуы мүмкін екендігін анықтады. Температура 293-ден 353-ке дейін өскен сайын, еруі мен магнийдің бөліну дәрежесі артады. Магнийдің ең жоғары бөлінуі күкірт қышқылымен шаймалау арқылы, ең азы - азот қышқылымен жүзеге асырылады.

Асбест қалдықтарын шаймалаудың технологиялық жағымды нәтижелеріне 100 пайыз стехиометрияны, 3 сағаттың процесінің ұзақтығын және 358 К температурасын қышқылдық шығын арқылы қол жеткізуге болады. Бұл жағдайда магний бөлінуі 92 пайыз құрайды және өнімді ерітіндінің құрамында 72-73 г/л құрайды, бұл карналлит өндірісін қанағаттандыратын жағдай. Алынған пульпалардың сүзу жылдамдығы 0,7-0,8 м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>·сағ. Шаймалау процесінің алғашқы сағатында темір мен кальций ерітіндіге қосылады.

Хлор-магний ерітінділерін темірден алдын-ала тотығу арқылы сутегінің асқын тотығымен үшвалентті және одан кейінгі рН 7,5-8,0 кезінде ерітіндісінен гидролизден тазарту 0,03 г/л темір құрамына ерітінділерді тазартуға мүмкіндік береді. Практикалық іске асыру үшін хлор газ анодын пайдалану ұсынылады.

## Пайдаланылган әдебиеттер тізімі

- 1 Бетехтин А.Г. Курс минералогии.- М.: Государственное Издательство геологической литературы, 1951.- 197 б.
- 2 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 Гаприндашвили В.Н. Комплексная переработка серпентинитов. - Тбилиси: Мецниереба, 1970. - 110 - 125 б.
- 4 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.
- 5 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.
- 6 Evangelos Gidaracos, 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.
- 7 Kalliopi Anastasiadou, Dimosthenis Axiotis, Evangelos Gidaracos. Hydrothermal conversion of chrysotile asbestos using near supercritical conditions // Journal of Hazardous Materials. – 2010, july 15. – Vol. 179, issues 1–3. – P. 926-932.
- 8 Сергеев В.В., Галицкий Н.В и др. Metallurgy of titanium – М.: Metallurgy, 1971.- 115-121 б.
- 9 Войтович Б.А., Барабанова А.С. Физико-химические основы разделения продуктов хлорирования титансодержащих материалов. - Киев: Наукова думка, 1969. - Б. 152-163.
- 10 Нисельсон Л.А., Голубков Ю.В., Худайбергенов Т.Е. Сравнительная оценка различных способов очистки четыреххлористого титана // Цветные металлы. - 1971.- № 11. - Б. 41-46.
- 11 Худайбергенов Т.Е. Титаномагнелиевое производство. - Алматы: ИПФ S&K, 1996. – Б. 49-64.
- 12 Печковский В.В., Александровский Х.М., Пинаев Г.Ф. Технология калийных удобрений. - Минск: изд. Высшая школа, 1968. – Б. 154-168.
- 13 Xiaopeng Gao, Ramona M. Mohr, Debra L. McLaren, Cynthia A. Grant Grain cadmium and zinc concentrations in wheat as affected by genotypic variation and potassium chloride fertilization // Field Crops Research. – 2011, may -18. – Vol. 122, issue 2. – P. 95-103.
- 14 Иванов А.И., Ляндрес М.Б., Прокофьев О.В. Производство магния. - М.: Metallurgy, 1979. - 22 б.

- 15 Titkov S. Flotation of water-soluble mineral resources // International Journal of Mineral Processing. – 2004, november 19. – Vol. 74, issues 1–4. – P. 107-113.
- 16 Kovin Oleg. Mapping of evaporite deformation in a potash mine using ground penetrating radar: Upper Kama deposit, Russia // Journal of Applied Geophysics. -2011, july. – Vol. 74, issues 2–3. – P. 131-141.
- 17 Вернадский В.И. Химическое строение биосферы земли и ее окружения. - М.: Наука, 2001. - 160 б.
- 18 Щелконогов А.А., Гулякин А.И., Ширев М.Ю. Новая технология получения синтетического карналлита // Цветная металлургия. Non-ferrous metallurgy. – 2011. - №6. - Б. 25-31.
- 19 Электронная версия на сайте // <http://www.74rif.ru/market-Mg.html>.
- 20 Позин М.Е. Технология минеральных солей. - Л.: Химия, 1974. – Ч. 2. – Б. 270-275.
- 21 Madeddu S., Priestnall M., Kinoshita H., Godoy E. Alkaline digestion of dunit for Mg(OH)<sub>2</sub> production: An investigation for indirect CO<sub>2</sub> sequestration. - Minerals Engineering, 2013. – P. 31-38.
- 22 Krause J., Brüggemann G.E., Pushkarev E.V. Accessory and rock forming minerals monitoring the evolution of zoned mafic–ultramafic complexes in the Central Ural Mountains // Lithos. -2007, april. – Vol. 95, issues 1–2. – С. 19-42.
- 23 Khuyen Thi Trana, Tri Van Luonga, Jeon-Woong Anb, Dong-Jun Kangb, Myong-Jun Kima, Tam Trana. Recovery of magnesium from Uyuni salar brine as high purity magnesium oxalate // Hydrometallurgy. – 2013, june. – Vol. 138. – P. 93–99.
- 24 Xiao-Jia Tang, Tie Li, Hang Yu, Yi-Min Zhu. Prediction model for desulphurization efficiency of onboard magnesium-base seawater scrubber // Ocean Engineering, 2014, January – 15. – Vol. 76. – P. 98-104.
- 25 Urena C., Azanon J.M., Corpas F., Nieto F., Leon C., Perez L. Magnesium hydroxide, seawater and olive mill wastewater to reduce swelling potential and plasticity of bentonite soil // Construction and Building Materials. - 2013, august. – Vol. 45. – P. 289-297.
- 26 Bianxia Liu, Apostolos Giannis, Jiefeng Zhang, Victor W.-C. Chang, Jing-Yuan Wang. Characterization of induced struvite formation from source-separated urine using seawater and brine as magnesium sources // Chemosphere. - 2013, november. – Vol. 93, issue 11. – P. 2738-2747.
- 27 Hongyang Zhao, Pei Bian, Dongying Ju. Electrochemical performance of magnesium alloy and its application on the sea water battery // Journal of Environmental Sciences. – 2009. - Vol. 21, supplement 1. – P. 88-91.
- 28 Шокабаев Т.Д. Экономика предприятия.-М.: Металлургия, 2000.- 40с
- 29 К.Ж. Оразалин “Кәсіпорын экономикасы”
- 30 “Қазақстан республикасының еңбек кодексі ” 15.05.2007 жылдан № 251 – 111 заңы;
- 31 “Өрт қауіпсіздігі туралы заң” 22.11.1996 жыл;

## А қосымшасы

### 1 Зерттеудің экономикалық нәтижелігін және рентабелдігін есептеу

Рентабелдігі 10 % болғанда, экономикалық нәтижелілігі құрайды:

$$\mathcal{E}_0 = (3 + A) \cdot 0,1 \quad (1.1)$$

Бірінші жылда зерттеу құны мынадай болады және мына теңдеумен шығарылады:

$$\mathcal{E}_0 = (5682,6 + 6319,962) \cdot 0,1 = 12002,562 \text{ тг.}$$

$$\mathcal{E}_1 = 3 + C_n \cdot I_0 \cdot 0,33 \cdot (1 + e) \cdot (1/12) \quad (1.2)$$

Жұмыстың құны мынаны құрайды:

$$\mathcal{E}_1 = (5682,6 + 6319,962) \cdot 1,082 \cdot 0,33 \cdot (1 + 0,1) \cdot (1/12) = 393,212 \text{ тг}$$

Онда өнеркәсіптің 10 % тиімділігі төмендегідей:

$$\mathcal{E}_1 = [3 + C_n \cdot I_0 \cdot 0,33 \cdot (1 + e) \cdot (1/12)] \cdot 0,1 \quad (1.3)$$

Бірінші жылда зерттеудің толық құны 10 % тиімділігімен:

$$\Delta \mathcal{E}_1 = [5682,6 + 6319,962 \cdot 1,082 \cdot 0,33 \cdot (1 + 0,1) \cdot (1/12)] \cdot 0,1 = 393,212 \text{ тг}$$

$$\mathcal{E}_0 + \Delta \mathcal{E}_1 = 12002,562 + 393,212 = 12395,774 \text{ тг}$$

Осылайша, ғылыми - зерттеу жұмысының зерттеу құнын екінші жылға мына теңдеумен анықтайды:

$$\mathcal{E}_2 = 3 + C_n \cdot I_0 \cdot 0,33 \cdot (1 + e)^2 \cdot (1/12) \quad (1.4)$$

$$\mathcal{E}_2 = 5682,6 + 6319,962 \cdot 1,082 \cdot 0,33 \cdot (1 + 0,1)^2 \cdot (1/12) = 432,534 \text{ тг}$$

Олай болса, өнеркәсіптің екінші жылға проценттік тиімділігі мынадай болады:

$$\Delta \mathcal{E}_2 = [3 + C_n \cdot I_0 \cdot 0,33 \cdot (1 + e)^2 \cdot (1/12)] \cdot 0,1 \quad (1.5)$$

$$\Delta \mathcal{E}_2 = [5682,6 + 6319,962 \cdot 1,082 \cdot 0,33 \cdot (1 + 0,1)^2 \cdot (1/12)] \cdot 0,1 = 432,534 \text{ тг}$$

Екінші жылда зерттеудің толық құны 10 % тиімділігімен:

$$\mathcal{E}_0 + \Delta\mathcal{E}_2 = 432,534 + 432,534 = 865,068$$

Өнім бірлігіндегі жобаның сатып алу мерзімін, мына формуламен есептейміз:

$$T = \frac{K}{Z}, \quad (1.6)$$

мұндағы  $K$  – бір уақтылы шығындар;  
 $Z$  – зерттеуге кеткен жалпы шығындар.

$$T = 6319,962/5682,6 = 1,1 \text{ жыл}$$

Сонымен, жобаның өтелу мерзімі 1,1 жыл.

## Б қосымшасы

### 1 Жасанды жарықты есептеу

Жобаланған цех тәулік бойы тоқтаусыз жұмыс істейді. Жазатайым жағдайларды болдырмау және еңбек өнімділігін арттыру үшін, жақсы жарықтандыру қажет, сондықтан жеңіл режимдегі жақсарту адамның өнімділігі мен белсенділігіне қолайлы психофизикалық әсер етеді. Көрнекі жұмыстың әрбір түрі үшін ең қолайлы жеңіл режимді анықтауға болады. Бөліктегі шамдардың орны біркелкі болуы керек.

Цех корпусы павильон типті, оның ауданы  $S = 4320$  м.

Цехты қалыпты жарықтандыру:

$E_{орт.} = 10$  лк («Түсті металлургия кәсіпорындарының негізгі цехтарының жасанды жарықтандыру нормалары» II бөлімі).

Жарықтандыру үшін УДП типті шамдар қоданылады. Жарықтандыратын шамдар биіктігі  $h = 20$  м. Формула бойынша вакуум бөлуін бөлу үшін шамдардың қажетті санын анықтаймыз:

$$N = \frac{WSp}{E_{орт.}} \quad (1.1)$$

$W$  – нақты жарық қуаты – 14,7 Вт/м ;

$p$  – бірлік шамының қуаты – 500 Вт.

$$14,7 \cdot 4320 / 500 = 126 \text{ дана.}$$

Біз шамдарды үш қатарға 42 данадан орналастырамыз.

### 2 Желдету жүйесін есептеу

Жалпы желдету үшін қажетті ауа мөлшері мына формула бойынша анықталады:

$$G = (K * \gamma) / (K_{шығ} - K_{өнд}) \quad (2.1)$$

$K$  – ауаға түсетін ластаушы заттардың жалпы саны, кг/сағ;

$K_{шығ}$  – шығыс ауадағы газ ластаушыларының концентрациясы, кг/м<sup>3</sup>;

$\gamma$  - бөлме температурасында ауа тығыздығы, кг/м<sup>3</sup>.

«ТМК» АҚ деректеріне сәйкес, хлораторлардың жұмысынан сағат сайын бөлінген ластаушы заттардың жалпы саны 29,455 кг/сағ құрайды.

Бұл жобада 2 хлоратордың жұмыс өнімділігін қамтамасыз ету жүйесін ұсынады.

$$K = 29,455 * 2 = 58,91 \text{ кг/сағ}$$

$$K_{\text{шығ}} = 0,0000375 \text{ кг/м}^3$$

$$K_{\text{өнд}} = 0,0000001 \text{ кг/м}^3$$

$$\gamma = 1,2 \text{ кг/м}^3$$

Осылайша, желдету үшін қажетті ауаның жалпы көлемі:

$$G = (58,91 * 1,2) / (0,0000375 - 0,0000001) = 1890000 \text{ кг/сағ}$$

Жергілікті тартудың қозғалтқыш қуаты мына формула бойынша анықталады:

$$N = (V * H_a) / (10 * 3600 * 102 * \eta) \quad (2.2)$$

$N$  – тұтынатын қуат;

$V$  – ауа көлемі,  $\text{м}^3/\text{сағ}$ ;

$H_a$  – ағыс күштілігі,  $\text{кг/м}^2$ ;

$\eta$  - тиімділік коэффициенті.

$$N = (1728 * 8765,6) / (10 * 3600 * 102 * 0,55) = 7,5 \text{ кВт}$$

### **3 Металлургия өндірісі үдерістерінің қауіпсіздігіне қойылатын талаптар техникалық регламенті**

#### **3.1 Жарықтандыру**

Тәулік бойы технологиялық жабдыққа қызмет ететін адамдардың қалыпты жұмыс істеуі үшін ұтымды жарық беру өте маңызды.

Табиғи жарық цехтың бүйір терезесінің тесіктерінен өтіп, шыны блоктармен және оның жоғарғы жағындағы ғимараттың бүкіл ұзындығы бойында орналасқан аэрация шамдарымен жабдықталған.

Жасанды жарықтандыру УПД типіндегі шамдармен қамтамасыз етіледі. Шамдардың орналасуы біркелкі болуы керек. Электр энергиясының тәуелсіз көзі бар апаттық жарықпен қамтамасыз етілген.

Ылғалды бөлмелерде, жабық кеңістіктерде, пештерде, ұңғымаларда және т.б. жерлерде жұмыс жасау үшін жарықтандыру 36 және 12 В жұмыс кернеуі бар портативті шамдар қолданылады.

#### **3.2 Жасанды жарықтандыруға қойылатын талаптар**

Жарықтандырғыш құрылғыларды жобалау, реконструкциялау және эксплуатациялау кезінде СНЖЕ талаптарын есепке алу қажет, сонымен қатар



жасанды және табиғи жарықтандыру кезінде «Өндірістік объектілерді жобалаудың санитарлық нормалары», «Электр құрылғылардың техникалық ережелері» есепке алынады.

Өндірістік бөлмелердің түстік бояулары «Өндірістік кәсіп орындардың, кәсіби ғимараттар интерьер жобалау нұсқауларымен» сәйкес болуы қажет [64].

#### 4 Электр қауіпсіздігі

Электр құрылғыларымен жұмыс істеу өрт қауіпінің тууына, қысқаша тұйықтықтың пайда болуына және сымтетіктердің қайта қосылуына әкеп соғады (4.2 кесте). Электр тоғының әсері, ағзаға әртүрлі электрлік зақым (электрлік күйік, терінің зақымдануы, электрлік белгі, электрофтальмия) және электрлік соққыға әкелуі мүмкін.

Электротехникалық құрылымдарың құрылғылары және эксплуатациясы ережесіне сәйкес болуы керек.

Қызмет істейтін жұмыскерлердің ток астында қалып қоюын азайту үшін изолирленген инструменттермен қолдануға болатын резиналы қолғаптармен монтаждалуы керек. Жерлендіргіш өткізгішті жайтартқышы бар жалғастыратын жабдық өткізгіш деп атайды. Жерлендіргіш: жұмыс істейтін – басты құрылғымен қамтамасыз ететін жұмыс, және қорғайтын – адамдардың қауіпсіздігін қамтамасыз ететін болып екіге бөлінеді.

Электротехникалық құрылғылардың пайдалану қауіпсіздігі үшін, қоршаған орта ерекшеліктерімен сипатталатын өндірістік жағдайлар, электр жабдығының жеткілікті деңгейімен, электр тоғының кернеуі болуы қажет. Сондықтан электр жабдығы орнатылған бөлмелер, электр тоғымен зақымдану қауіпсіздік деңгейі жағынан мына топтарға бөлінеді:

- қауіпі жоқ;
- жоғары қауіпті;
- өте жоғары қауіпті.

Берілген эксперимент жасалған лаборатория жоғары қауіпі жоқ тобына жатады [65].

Б.4.1 Кесте – Қалыпты режимде жұмыс істейтін электр қондырғылардың кернеу (U) мен токтардың (I) рұқсатты мәндері

Ток түрі	U, В	I, мА
	Жоғары емес	
Айнымалы 50 Гц	2,0	0,3
Айнымалы, 400 Гц	3,0	0,4
Тұрақты	8,0	1,0

## 5 Өрт қауіпсіздігі

Өрттің пайда болу жолдары сан алуан: құрылыс конструкцияларында жеткіліксіздер, құрылғының ақауларынан, технологиялық процестердің бұзылуынан, персоналдың ұқыпсыздығынан.

Техникалық – құрылыс шараларына өнеркәсіптің территориясын жоспарлау, ғимараттағы арнайы шептердің құрылғысы, оттың таралуын шектейтін шептер, шығу есіктерін орнату және эвакуациялау жатады.

Ұйымдастыру шараларына: жұмыс барысында ашық отпен қолдану, шылым шегуді шектеу, бөлмедегі мүлік адамдарды эвакуациялау жоспарын жасау және өрт қауіпсіздігі туралы студенттермен персоналдарды оқыту жатады. Өрттен қорғау үшін технологиялық жағдайларда, арнайы автоматикалық құрылғылар қажет.

## **В қосымшасы**

### **1 Гидролитикалық шөгіндіру әдістемесі**

Темірдің гидролитикалық тотығуы үшін қажетті рН түзу түрлі реагенттермен мүмкін. Ерітіндіге қоспаларды енгізбеу үшін біз брусит ( $Mg(OH)_2$ ) және оксид ( $MgO$ ) сияқты тотықтырылған магний қосылыстарын пайдалану үшін ерітінді қышқылдылығын азайтты.

Белгілі болғандай, брусит суық суға іс жүзінде ерімейді, ал 333-353 К дейін қызған кезде ерітіндіні 4-5 рН-ға бейтараптайды, бұл магний хлориді ерітіндісінен қоспаларды толығымен алып тастау үшін жеткіліксіз. Қажетіз қоспаларды толығымен жою үшін, ерітінді 7-8 рН дейін бейтараптандырылуы тиіс. Темірден алынған ерітінділерді толығымен тазарту 7-8 рН кезінде жүреді, сондықтан рН-жетілдіруші реагент ретінде брукситті қолдану мүмкін емес, себебі ол 4-5 хлор-магний ерітіндісін тазартудың қажетті деңгейіне жете алмайтын рН-ды құрады. Бұған қоса, брусит табиғи шикізат болып табылады және құрамында шартты ерітінділерді алуға мүмкіндік бермейтін магний хлоридінің ерітіндісіне енетін қажетсіз қоспаларды қамтиды. Жоғарыда келтірілген себептерге байланысты магний тотығы (каустикалық магнезит) бейтараптандырғыш ретінде пайдаланылды.

Температураның 298-358 К диапазонында және темір гидроксидтерінің тұндыру үшін қажетті стехиометриялық 80 пайыздан 120 пайыз диапазонында магний оксидінің қолданылуы зерттелді.

Алынған пульпаларды сүзу вакуумдық сүзгіде (Бунзен шұңғылшасы, Бюхнер воронкасы) ақ таспамен сүзгіден өткізілді.

### **2 Қаныққан магний хлориді ерітіндісін буландыру**

Зертханаларда әртүрлі, мысалы сулы және сусыз ерітінділермен жұмыс істеу барысында көбінесе шулықтыру қажеттілігі туады. Шулықтыру деп – еріткішті буландыру жолымен ерітіндінің концентрациясын жоғарылату немесе ондағы заттың бөлінуі мақсатында жою процессін айтады. Сұйықтықтың булану жылдамдығы көптеген факторларға тәуелді болады. Оның ішінде маңыздылары болып температура, беттік буланудың ауданы мен қысымы табылады. Ережеге сай булану жылдамдығы, булану беттігіне тура пропорционал болады. Булану жылдамдығы буланатын сұйықтықтың орташа қысымы мен бөлме температурасында салқын ауа үрлегеннің өзінде ұлғаяды. Шулықтыру процессіне шулықтырылатын сұйықтықтың жеке қасиеттерінен басқа (қайнау температурасы мен будың қысымы) сұйықтық қабатының қалыңдығы айтарлықтай әсер етеді. Сұйықтықтың жіңішке қабаты қалың қабаттарға қарағанда әлдеқайда тезірек буланады. Қыздырған кезде еріген зат бөлініп кету жағдайларында, еріткішті вакууммен немесе қабыршықты булануды қолданып жояды.

Белгілі болғандай сиретілу ұлғайған сайын сұйықтықтың қайнау температурасы төмендеп, қайнау температурасы жоғары емес сұйықтықтың бөлме температурасында да қайнайтын жағдайды қамтамасыз етуге болады. Қабыршықты буланудың негізі болып, буландырғыш түтікшенің қабырғаларында ерітіндінің жұқа қабатының пайда болатындығы табылады, ал бұл булану беттігін ұлғайтады. Қабыршықты булануды төмен температурада вакуумның құрылуымен бірге жүргізуге болады.

Булану жылдамдығы ерітіндінің араласуына немесе циркуляциясына тәуелді болады. Еріткіштің ерітінді беттігінен булануы, буланған беттіктегі еріген заттың концентрациясы ұлғайғандықтан, ақырындап төмендейді. Ол еріткіштің булануына қиындық туғызатын қабықшаның пайда болуына әкеледі. Сондықтан, егер шулықтырушы ерітінді айналып тұрса немесе пайда болған қабықшаны үнемі жойып, шулықтырушы ерітіндіні араластырып отырса булану жылдамдығы ұлғаяды. Шулықтыруды ашық ауада кәдімгі атмосфералық қысымда немесе жабық аппараттарда толық рекуперациялық немесе буланған еріткішті аулау арқылы жүргізуге болады. Мұндай аппараттар вакуумды қолдануды талап етеді. Шулықтыру процессіде фарфорлы, шыны немесе эмальданған әртүрлі диаметрлі, шулықтырылатын ерітіндінің мөлшеріне байланысты, ыдыстар қолданылады. Мөлшері өте аз ерітінділерді шулықтыру аналитикалық жұмыстар жүргізу барысында фарфорлы немесе платиналы тигельдер қолданылады. Ерітіндіні қайнау температурасына байланысты жалаң отта немесе сулы моншаларда қыздырады.

Оңай шашыранды немесе газ бөлетін заттардың аз мөлшерлерін жеке, өте жоғары саусақтәріздес (пальцевидные) тигельдерде қыздырады. Жұмыс барысында, газдардың бөлінуі мен шашырауы бітпей жатып, мұндай тигель өте төмен тіпті горизонтальды жағдайда болуы қажет, бұл жағдайда заттардың бөлшектері жоғалмайды, тек қана тигельдің қабырғасында тұрып қалады. Кейде шулықтыруды кептіргіш шкафтарда жүргізеді. Ол үшін шулықтырушы ыдысты ерітіндісімен (әдетте аз мөлшерде) кептіргіш шкафқа қажетті температурада орналастырады.

Кептіргіш шкафта сулы ерітіндіні және құрамында көп мөлшерде суы бар ылғал тұнбаларды шулықтыруға болады. Органикалық отқақауіпті сұйықтықтарды кептіргіш шкафтарда шулықтандыру ұсынылмайды. Әртүрлі бензолды, ацетонды ерітінділерді кептіргіш немесе электронды шкафтарда шулықтыруға мүлдем болмайды, өйткені бұл жағдайда жарылыс болуы мүмкін. Сұйықтықты шулықтыруды қуаты 250 Вт инфрақызыл шамымен жүргізуге болады. Фильтраттар мен жуғыш суларды буландыру үшін конус тәріздес колбаларға қарағанда, стакандарды қолданған дұрыс. Буландыруды құмды моншада жүргізген ыңғайлы. Буланатын ерітіндіні арасында шыны таяқшамен араластырып тұру қажет.

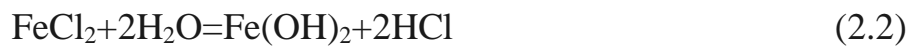
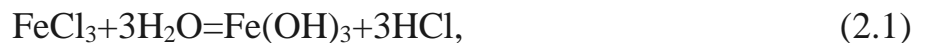
## Г қосымшасы

### 1 Ерітіндіні темір қоспаларынан тазарту

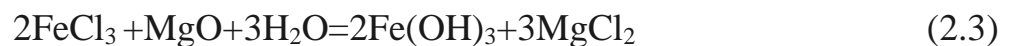
Магний хлориді ерітінділері 2,5-3,0 г/л дейін, негізінен эквивалентті түрде, яғни, темір құрамында магний құрамының 3-3,5 пайыз құрайды. Темірден никель сульфаты мен мырыш сульфатын ерітінділердің тазарту тәжірибесі темір гидроксидтері бар пульпаның төменгі деңгейін көрсетеді, бұл темір гидроксидтері бар пульпаның сүзу жылдамдығымен салыстырғанда болады. Карналлитке арналған технологиялық талаптарға сәйкес, темірдің рұқсат етілген концентрациясы 0,03-0,04 аспауы керек. Темірден алынған ерітінділердің ең қолжетімді және кеңінен қолданылатын тәсілі оның гидролиздік шөгуі (мырыш, никель металлургиясы) болып табылады. Біз гидролиз арқылы темірден магний хлориді ерітінділерін тазартуды зерттедік.

### 2 Магний хлоридін темірден гидролитикалық тазарту термодинамикасы

Темір гидроксидінің шөгуі келесі реакциялармен жүргізіледі:



$\text{Fe}(\text{OH})_3$  ерігіштігі  $6,3 \cdot 10^{-38}$ , ал  $\text{Fe}(\text{OH})_2$  ерігіштігі  $8 \cdot 10^{-16}$  құрайды. Осы термодинамикалық сипаттамалардан 5 рН кезінде  $\text{Fe}^{3+}$  тепе-теңдік концентрациясы  $10^{-9}$  және  $\text{Fe}^{2+}$   $10^2$  шоғырлануы керек. Тіпті үш рН-де  $\text{Fe}^{3+}$  тепе-теңдік концентрациясы  $10^{-3}$  болады. Осылайша, үшвалентті гидроксидті темір тұндырып, ерітінділерді тазалау үшін қолдануға болады. Әдебиет бойынша [78] үшвалентті темірдің гидролитикалық босатылуы рН 3-4, ал эквивалентті рН - 7,0-7,5 кезінде жүреді. Қоспалардан магний ерітінділерін тазарту үшін технологиялық үрдістерде қажетті рН құру үшін екі қол жетімді реагентті - магний оксиді ( $\text{MgO}$ ) және бруситті ( $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ) қолдануға болады. Гидролиздеу процесі 15 және 16 реакциялармен сипатталады.



Ерітінділерден темірдің гидролиздік шөгу мүмкіндігі тиісті реакциялардың термодинамикалық сипаттамасымен расталады (кестелер 2.1, 2.2).

Г.2.1 Кесте – Темір хлоридтерінің гидролиз реакцияларының тепе-теңдік тұрақтысы және стандартты еркін энергиясы

FeCl <sub>3</sub> +3H <sub>2</sub> O=Fe(OH) <sub>3</sub> +3HCl			FeCl <sub>2</sub> +2H <sub>2</sub> O=Fe(OH) <sub>2</sub> +2HCl		
Т, К	Реакцияның ΔG <sup>0</sup>	Кр	Т, К	Реакцияның ΔG <sup>0</sup>	Кр
1	2	3	4	5	6
273	-52,52	1,110E+010	273	26,65	7,974E-006
283	-50,27	1,882E+009	283	28,13	6,453E-006
293	-48,09	3,710E+008	293	29,55	5,411E-006
303	-45,96	8,328E+007	303	30,93	4,665E-006
313	-43,88	2,096E+007	313	32,28	4,116E-006
323	-41,86	5,843E+006	323	33,59	3,704E-006
333	-39,872	1,787E+006	333	34,88	3,392E-006
343	-37,92	5,940E+005	343	36,13	3,154E-006
353	-36,02	2,132E+005	353	37,36	2,974E-006

Г.2.2 Кесте – FeCl<sub>3</sub> гидролиз реакцияларының тепе-теңдік тұрақтысы және стандартты еркін энергиясы

2FeCl <sub>3</sub> +MgO+3H <sub>2</sub> O=2Fe(OH) <sub>3</sub> +3MgCl <sub>2</sub>			FeCl <sub>3</sub> +Mg(OH) <sub>2</sub> =2Fe(OH) <sub>3</sub> +3MgCl <sub>2</sub>		
Т, К	реакцияның ΔG <sup>0</sup>	Кр	Т, К	реакцияның ΔG <sup>0</sup>	Кр
273	-28,72	1,522E+022	273	-8,88	7,284E+006
283	-28,47	1,734E+021	283	-8,86	4,129E+006
293	-28,21	2,254E+020	293	-8,85	2,437E+006
303	-27,95	3,303E+019	303	-8,84	1,492E+006
313	-27,68	5,398E+018	313	-8,82	9,435E+005
323	-27,40	9,749E+017	323	-8,81	6,146E+005
333	-27,12	1,929E+017	333	-8,81	4,113E+005
343	-26,84	4,154E+016	343	-8,80	2,820E+005

Жоғарыда айтылғандай темірден магний хлоридінің ерітінділерін терең тазарту үшін Fe<sup>2+</sup>-дан Fe<sup>3+</sup>-ке дейін тотығу қажет.

Темір темірдің ерітіндісінде сутегі асқын тотығы (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), хлор газы (Cl<sub>2</sub>), натрий перхлораты (NaClO<sub>4</sub>), кальций перхлораты Ca(ClO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> және басқалары сияқты үш түрлі тотығу агенттері арқылы үшвалентті ерітіндідегі тотығу.

Еківалентті темірдің аталған тотықтырғыш заттармен тотығуы реакциялармен сипатталады:



$\text{Fe}^{2+}$  -  $\text{Fe}^{3+}$  тотығуының термодинамикалық талдауының нәтижелерінен көріп отырғанымыздай, барлық ұсынылған тотығу агенттері - сутегі асқын тотығы ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ), газ хлоры ( $\text{Cl}_2$ ), натрий перхлорат ( $\text{NaClO}_4$ ) және  $\text{Ca}(\text{ClO}_4)_2$  кальций перхлораты мүмкін.

### 3 Нәтижелер және оларды талқылау

Темірден гидролитті тазарту процесінде құрамында: Mg - 74,8,  $\text{Fe}^{2+}$  - 0,05,  $\text{Fe}^{3+}$  - 2,51 г/л бар ерітінділерді алады. Темірден ерітінділерді гидролиздік тазарту магний оксидімен (9 операциясы) рН 7,5 - 8,5 дейін ерітіндіні бейтараптандыру арқылы жүзеге асырылады, содан кейін тұнба сүзу арқылы (10 операция) бөлінеді.

Зерттеу нәтижелері көрсеткендей, нәтижесінде ерітіндіде үшвалентті темір мөлшері анықталмаған деңгейде қалады. Процесс температурасы 298-ден 358 К-ге дейін артады, эквивалентті темірдің қалдық шоғыры 0,05-дан 0,02 г/л-ге дейін төмендейді. Сонымен бірге ерітіндінің рН 4,6-дан 8,2-ге дейін, ал магнийдің концентрациясы 74,8-ден 85 г/л-ға дейін өседі (3.1 кесте). Бұл температура артқан сайын тұз қышқылының ерітіндісінде магний оксидінің ерігіштігі артуына байланысты.

Г.3.1 Кесте – Темірден гидролитикалық тазартуға температураның әсері ( $t=0,5$  сағ; шығын MgO 100 пайыз стехиомет., ерітінді құрамында 0,05 г/л  $\text{Fe}^{2+}$ , 1,51 г/л  $\text{Fe}^{3+}$  бар, рН = 0,8)

Т, К	Тазартылған ерітінді				Сүзу жылдамдығы м <sup>3</sup> /м <sup>2</sup> ·час
	$\text{Fe}^{2+}$ , г/л	$\text{Fe}^{3+}$ , г/л	$\text{Mg}^{2+}$ , г/л	рН	
298	0,05	0,0	79	4,6	0,8
323	0,03	0,0	81	6,3	1,7
358	0,02	0,0	85	8,2	3,1

MgO шығыны қажетті деңгейден 80 пайыздан 120 пайызға стехиометриялық артқан сайын эквивалентті темірдің қалдық мөлшері 0,02 г/л – ға дейін азаяды (3.2 кесте).

Г.3.2 Кесте – Темірдің гидролитикалық шөгу деңгейіне магний оксиді шығынының әсері (  $t= 0,5$  сағ;  $T=358$  К, ерітінді құрамында  $0,05$  г/л  $Fe^{2+}$ ,  $1,51$  г/л  $Fe^{3+}$  бар,  $pH = 0,8$ )

MgO, % стих.	Тазартылған ерітінті				Сүзу жылдамдығы, $m^3/m^2 \cdot сағ$
	$Fe^{2+}$ , г/л	$Fe^{3+}$ , г/л	$Mg^{2+}$ , г/л	pH	
80	0,05	0,0	82	6,5	1,8
100	0,03	0,0	85	8,2	3,1
120	0,02	0,0	91	8,9	3,8

Темірден магний хлоридінің бастапқы ерітінділерін тазарту технологиясын қиындатудың басты себебі - бұл қалдықтарды тазартудың қанағаттанарлықсыз төменгі деңгейі. Сүзгі материалы мен шөгінді бөлшектердің арасындағы бос кеңістік эквивалентті темір гидроксиді  $Fe(OH)_2$  арқылы бітеледі.

Зерттеулер көрсеткендей, ерітіндінің pH мәні 6,8-ден 8,9-ға дейін артады, сүзу жылдамдығы 1,8-ден 3,1  $m^3/m^2 \cdot сағ$  дейін өседі.