

**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ
МИНИСТРЛІГІ**

**«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті»
коммерциялық емес акционерлік қоғамы**

Ө.А Байқоңыров атындағы Тау – кен металлургия институты

«Химиялық процестер және өнеркәсіптік экология» кафедрасы

**Ержан Назерке Ержанкызы
Қуанышкереева Мадина Асқарқызы**

**ЖЭС күлінен өнеркәсіптік сарқынды суларды тазартуға арналған
катализаторларды алу технологиясын әзірлеу**

ДИПЛОМДЫҚ ЖОБА

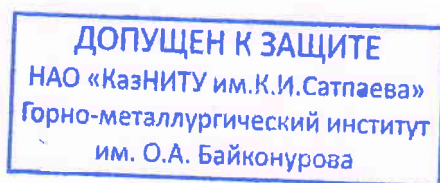
6B05206 – «Инженерлік экология» ББ

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ
МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті»
коммерциялық емес акционерлік қоғамы

Ө.А Байқоңыров атындағы Тау – кен металлургия институты

«Химиялық процестер және өнеркәсіптік экология» кафедрасы



ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

«ХПЖӨЭ» кафедрасының
меңгерушісі, т.ғ.к.,

қауымдастырылған профессор
 Кубекова Ш.Н.

« 10 » 06 2025 ж.

ДИПЛОМДЫҚ ЖОБА

Тақырыбы: «ЖЭС күлінен өнеркәсіптік сарқынды суларды тазартуға арналған
катализаторларды алу технологиясын әзірлеу»

6B05206 – «Инженерлік экология» ББ

Орындағандар:

Н.Е. Ержан

М.А. Қуанышкереева

Рецензент

Ғылыми жетекші

Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық
университеті
«Экология және биоресурстар тұрақтылығы»
ҒЗИ директорының орынбасары
PhD, қауымдастырылған профессор

«Химиялық процестер және өнеркәсіптік
экология» кафедрасының
аға оқытушысы, PhD

Ж.Т. Тауанов

« 9 » 06 2025 ж.

У. К. Сарсембин

« 10 » 06 2025 ж.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ
МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті»
коммерциялық емес акционерлік қоғамы

Ө.А Байқоңыров атындағы Тау – кен металлургия институты

«Химиялық процестер және өнеркәсіптік экология» кафедрасы

БЕКІТЕМІН

«ХПЖӨЭ» кафедрасының
меңгерушісі, т.ғ.к.,

қауымдастырылған профессор

 Кубекова Ш.Н.
«18» 06 2025 ж.

**Дипломдық жобаны орындауға
ТАПСЫРМА**

Білім алушылар: Ержан Назерке Ержанкызы

Қуанышкереева Мадина Асқаркызы

Тақырыбы: ЖЭС күлінен өнеркәсіптік сарқынды суларды тазартуға арналған
катализаторларды алу технологиясын әзірлеу

Университет Ректорының 2025 жылғы «29» қантар №26-П/Ө бұйрығымен бекітілген

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі: «5» маусым 2025 жыл.

Дипломдық жұмысты жазуға қажетті бастапқы деректер:

ЖЭС түзілетін көмірдің қоршаған ортаға әсері және күлді қайта өңдеу тақырыбында
жазылған ғылыми еңбектер, Алматы ЖЭО-2 күлі

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі

- а) ЖЭС түзілетін күлдің қоршаған ортаға әсері
- ә) ЖЭС түзілетін күлді кәдеге жарату, утилизациялау әдістері
- б) күлдің химиялық құрамын рентгенофазалық талдау
- в) Күлді термиялық талдау: ДСК (дифференциалды сканирлеуші калориметрия) және ТГА (термогравиметриялық талдау)
- г) ЖЭС күлінен өнеркәсіптік суларды тазарту кезінде пайдаланылатын катализатор дайындау технологиясы

Сызбалық материалдар тізімі: дипломдық жобада 15-графикалық сурет, 10-кесте
ұсынылған

Ұсынылатын негізгі әдебиеттер: 20 атау

Дипломдық жобаны дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлім атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге ұсыну мерзімі	Ескерту
1. Бөлім. Әдебиет шолу (ЖЭС түзілетін күлдің қоршаған ортаға әсері)	31.01.2025 ж.	Орындалды
2. Бөлім. Зерттеу объектісі мен зерттеу әдістері	30.04.2025 ж.	Орындалды
3. Бөлім ЖЭС күлінен катализатор дайындау технологиясын әзірлеу	30.05. 2025 ж.	Орындалды

Дипломдық жоба бөлімдерінің кеңесшілері мен
норма бақылаушысының аяқталған жобаға қойған
қолтаңбалары

Бөлімдер атауы	Кеңесшілердің аты, әкесінің аты, тегі (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Норма бақылаушы	У. К. Сарсембин, PhD докторы	05.06.2025	

Ғылыми жетекші
аға оқытушы, PhD



У. К. Сарсембин

Тапсырманы орындауға
алған білім алушылар



Н.Е. Ержан

М.А. Қуанышкереева

Күні

«29» 01 2025 ж.

АҢДАТПА

Дипломдық жұмыстың тақырыбы: «ЖЭС күлінен өнеркәсіптік сарқынды суларды тазартуға арналған катализаторларды алу технологиясын әзірлеу».

Зерттеу объектісі: Алматы қаласының ЖЭС-2.

Дипломдық жұмыстың мақсаты: ЖЭС күлін қайта өңдеу арқылы өнеркәсіптік ағынды суларды тазартуға арналған тиімді катализаторларды әзірлеу. Бұл бағытта ЖЭС күлі негізіндегі материалдардың химиялық және физикалық қасиеттерін зерттеу, катализаторларды синтездеу әдістерін әзірлеу, сондай-ақ олардың ағынды суларды тазартудағы тиімділігін бағалау көзделеді.

Зерттеу жұмысының міндеттері:

- 1) ЖЭС экологиялық және нормативтік құжаттарын талдау
- 2) Күлден катализатор алу бойынша қолданыстағы әдістерді талдау
- 3) Күл құрамын XRF, ICP-OES / ICP-MS анализдері арқылы анықтау
- 4) Ағынды суларды тазартуға арналған катализаторларды синтездеу әдістерін әзірлеу;
- 5) Алынған катализаторлардың тиімділігін зертханалық жағдайда бағалау;
- 6) Катализаторлардың өнеркәсіптік қолдануға жарамдылығын анықтау.

Зерттеу әдістемелері:

Зерттеу жұмысында шикізатты дайындау, химиялық құрамын талдау, катализатор синтезі, құрылымдық-физикалық сипаттау және каталитикалық белсенділікті бағалаудан тұрады.

Дипломдық жұмыстың көлемі мен құрылымы: Дипломдық зерттеу жұмыстарының мақсаты мен міндеттеріне сәйкес кіріспеден, үш тараудан, қорытындыдан, әдебиеттер тізімі мен қосымшалардан тұрады. Жұмыс көлемі компьютерде терілген 60 бет, 29 сурет және 5 кестеден тұрады.

АННОТАЦИЯ

Тема дипломной работы: «Приготовление катализаторов для очистки промышленных сточных вод из золы ТЭЦ».

Объект исследования: ТЭЦ-2 города Алматы

Цель дипломной работы: Разработка эффективных катализаторов для очистки промышленных сточных вод путем переработки золы ТЭЦ. В рамках данного направления планируется исследование химических и физических свойств материалов на основе золы ТЭЦ, разработка методов синтеза катализаторов, а также оценка их эффективности при очистке сточных вод.

Задачи исследования:

1. Анализ экологических и нормативных документов, касающихся деятельности ТЭЦ
2. Анализ существующих методов получения катализаторов из золы
3. Определение химического состава золы с применением методов XRF, ICP-OES / ICP-MS
4. Разработка методов синтеза катализаторов для очистки сточных вод
5. Оценка эффективности полученных катализаторов в лабораторных условиях
6. Определение пригодности катализаторов для промышленного применения

Методология исследования:

Исследование включает в себя подготовку сырья, анализ его химического состава, синтез катализаторов, структурно-физическую характеристику полученных образцов, а также оценку их каталитической активности.

Объем и структура дипломной работы:

В соответствии с целями и задачами, дипломная работа состоит из введения, трёх глав, заключения, списка литературы и приложений. Общий объём работы составляет 60 страниц, включает 29 рисунков и 5 таблиц.

ABSTRACTION

The topic of the thesis: «Preparation of catalysts for purification of industrial wastewater from thermal power plant ash.».

Object of study: Almaty Combined Heat and Power Plant No. 2 (CHP-2)

Purpose of the thesis The aim of the thesis is to develop effective catalysts for the treatment of industrial wastewater through the utilization of fly ash from CHP. This includes the investigation of the chemical and physical properties of fly ash-based materials, the development of synthesis methods for catalysts, and the evaluation of their efficiency in wastewater purification.

The tasks of the thesis:

1. Analyze environmental and regulatory documents related to CHP operations
2. Review existing methods for synthesizing catalysts from fly ash
3. Determine the chemical composition of fly ash using XRF and ICP-OES / ICP-MS methods
4. Develop synthesis methods for catalysts intended for wastewater treatment
5. Evaluate the effectiveness of the synthesized catalysts under laboratory conditions
6. Assess the suitability of the catalysts for industrial-scale application

Research Methodology:

The study includes raw material preparation, chemical composition analysis, catalyst synthesis, structural and physical characterization of the samples, and evaluation of their catalytic activity.

Thesis Structure and Scope:

In accordance with the set goals and objectives, the thesis consists of an introduction, three chapters, a conclusion, a list of references, and appendices. The total volume of the work is 60 pages and includes 29 figures and 5 tables.

МАЗМҰНЫ

КІРІСПЕ

1	ЖЭО түзілетін күлдің қоршаған ортаға әсері (Әдеби шолу).....	11
1.1	ЖЭО түзелетін күлдің құрамы және қоршаған ортаға зиянды әсері.....	11
1.2	ЖЭО күлін қайта өңдеу әдістері.....	14
2	Зерттеу объектісі мен зерттеу әдістемелері.....	17
2.1	Алматы ЖЭО-2 технологиялық сипаттамасы.....	17
2.2	ЖЭС-2 күл мен шлакты қалдықтарының сипаттамасы.....	21
2.3	Зерттеу объектісі.....	29
2.4	Зерттеу әдістемелері.....	30
3	ЖЭС күлінен катализатор дайындау технологиясын әзірлеу.....	35
3.1	ЖЭС күлінен катализатор дайындау кезеңі.....	35
3.2	Күлдің химиялық құрамын рентгенофазалық талдау нәтижелері.....	35
3.3	Күлді электронды микроскопиялық талдау нәтижелері.....	37
3.4	Күлді термиялық талдау: ДСК (дифференциалды сканирлеуші калориметрия) және ТГА.....	39
3.5	ЖЭС күлінен катализатор дайындау кезеңі.....	55
3.6	Басқа катализаторлармен салыстырмалы талдау	55
	ҚОРЫТЫНДЫ.....	57
	ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ.....	58

КІРІСПЕ

Өзектілігі. ЖЭО күлімен байланысты экологиялық мәселелер қоршаған ортаға кері әсерін тигізеді және адам денсаулығына төнетін әлеуетті қауіптерді қамтиды. Күлдің ұшпа күйі ерекше қатер тудырады. ЖЭО кәсіпорындарының қоршаған ортаға келтіретін зиянын азайту үшін қалдықтарды басқаруға арналған тиісті технологиялар мен шараларды әзірлеп, енгізу қажет.

Қазіргі уақыттағы өзекті экологиялық мәселелердің бірі - ағынды сулардың органикалық және бейорганикалық шығу текті уытты заттармен ластануы. Ағынды суларды тиімді тазарту үшін зиянды қосылыстардың ыдырау үдерістерін жеделдететін заманауи әдістер мен технологияларды, соның ішінде катализаторларды қолдану қажет.

Сонымен қатар, жылу электр станцияларының (ЖЭС) жұмысы кезінде үлкен көлемде күл және күл-шлак қалдықтары түзіледі, олардың жиналуы қоршаған ортаға теріс әсер етеді. ЖЭС күлін өңдеу және кәдеге жарату мәселесі, әсіресе экологиялық қауіпсіздік талаптарының артуы жағдайында, барған сайын өзекті бола түсуде.

Көмірді жылу электр орталықтарында (ЖЭО) жағу нәтижесінде пайда болатын күл құрамында қоршаған орта мен адам денсаулығы үшін қауіпті көптеген заттар бар. Негізгі заттар:

Ауыр металдар. Қорғасын (Pb): Ағзада жинақталып, улануға және жүйке жүйесінің бұзылуына әкелуі мүмкін. Сынап (Hg): Жоғары уыттылығы бар, әсіресе орталық жүйке жүйесіне қауіпті. Денсаулыққа айтарлықтай зиян келтіруі мүмкін. Кадмий (Cd): Топырақ пен суды ластауы мүмкін, бүйрек пен сүйек тіндеріне зиян келтіреді.

Поликарбонатты заттар. Диоксиндер (Dioxins): Канцерогендік қасиеті бар заттар, ағзада жинақталып, түрлі аурулардың дамуына ықпал етеді.

Сульфаттар және никель. Сульфаттар (SO_4^{2-}): Қышқыл жаңбырлардың түзілуіне және судың сапасының нашарлауына ықпал етеді.

Никель (Ni): Аллергиялық реакциялар тудырып, өкпе жүйесіне уытты әсер етуі мүмкін.

Силикатты және фосфатты қосылыстар. Силикатты қосылыстар: Демалу жолдарының ауруларын тудыруы мүмкін.

Фосфаттар: Су қоймаларына зиян келтіріп, эвтрофикация процесіне ықпал етеді.

Көміртек және оксидтер. Көміртек (C): Көмір бөлшектері тыныс алу жүйесінің ауруларын тудыруы мүмкін.

Күкірт оксидтері (SOx) және азот оксидтері (NOx): Қышқыл жаңбырлардың түзілуіне және ауаның сапасының нашарлауына себеп болады.

ЖЭС күлін катализаторлар алу үшін шикізат ретінде пайдалану - қалдықтарды азайту және су ресурстарын қорғауға арналған тиімді материалдар жасау сияқты екі міндетті қатар шешуге мүмкіндік беретін перспективалы бағыт болып табылады. Күлден катализатор дайындау технологиясын әзірлеу тек тазарту үдерістерінің құнын төмендетуге ғана емес,

сонымен бірге өнеркәсіптік жүйелердің жалпы экологиялық тұрақтылығын арттыруға мүмкіндік береді.

Осылайша, дипломдық жобаның тақырыбы ағынды суларды тазарту технологияларын дамыту, табиғи ресурстарды ұтымды пайдалану және экологиялық мәселені шешуге байланысты аса өзекті болып табылады.

Мақсаты. Жылу электр станциясының (ЖЭС) күлінен катализатор алудың тиімді әдісін әзірлеу және оны ағынды суларды тазарту процестерінде қолдану тиімділігін бағалау

Міндеттері.

1) ЖЭС күлін, катализаторлар алу үшін қолдану мәселелері бойынша әдеби шолу жүргізу.

2) ЖЭС (Алматы ЖЭС-2) күлінің физика-химиялық қасиеттерін зерттеу және оны алдын ала өңдеудің оңтайлы әдістерін таңдау.

3) Күлден катализатор дайындау технологиясын әзірлеу.

4) Алынған катализаторды физика-химиялық талдау әдістерімен сипаттау (мысалы: BET-талдау, рентгендік фазалық талдау, электрондық микроскопия).

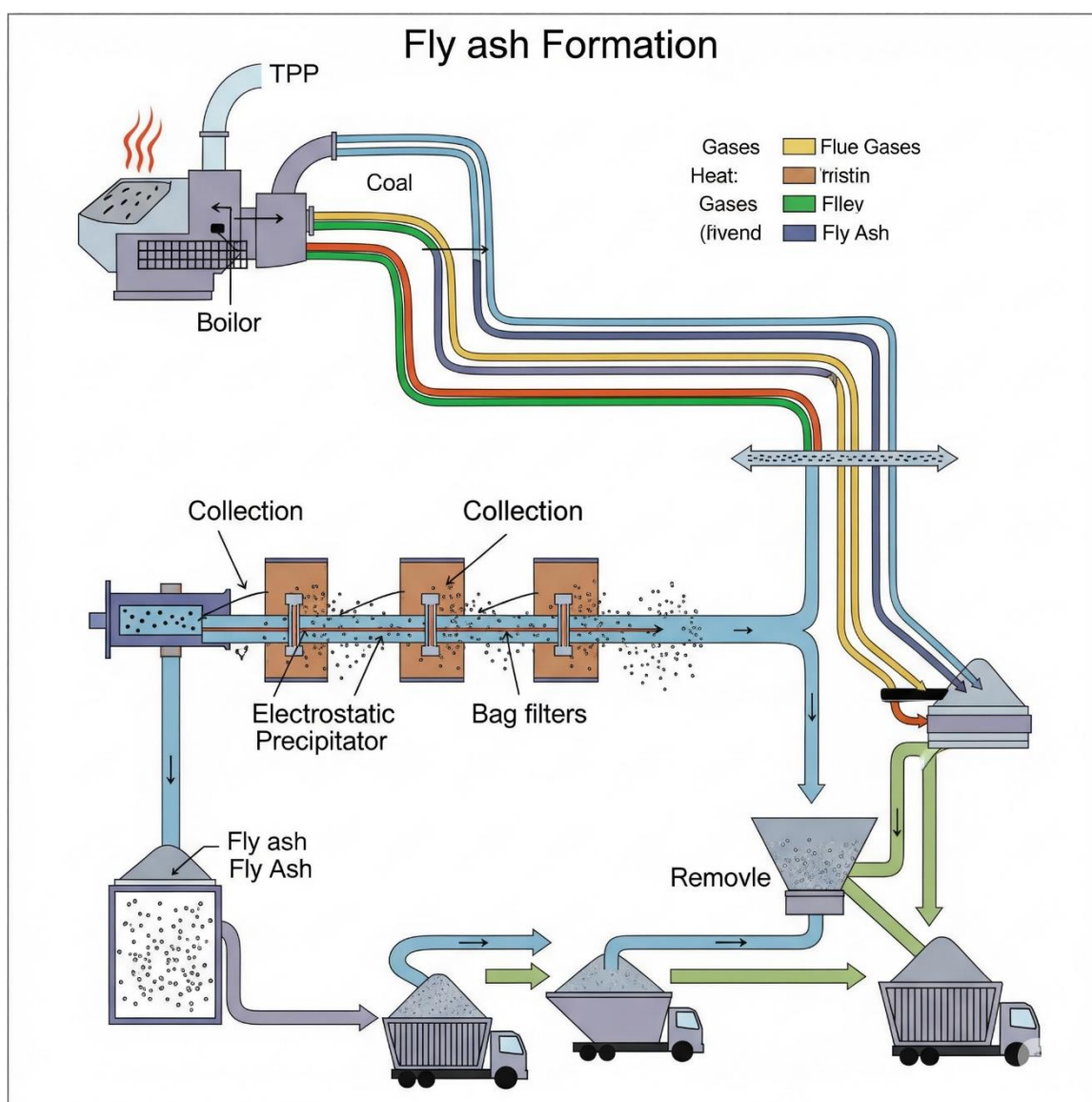
5) Дайындалған катализаторды нақты жағдайда қолдану бойынша ұсынымдар әзірлеу

Зерттеу объектісі. Алматы ЖЭС-2 күлі.

1 ЖЭС түзілетін күлдің қоршаған орта компоненттеріне әсері (Әдеби шолу)

1.1 ЖЭС түзілетін күлдің құрамы және қоршаған ортаға зиянды әсері

Жылу электр станциялары (ЖЭС) қазіргі қоғамның энергетикалық қажеттіліктерін қамтамасыз етуде маңызды рөл атқарады. Алайда олардың жұмысы үлкен көлемдегі күл сияқты қосалқы өнімдердің түзілуімен қатар жүреді. Көмір мен басқа да отын түрлерін жағу нәтижесінде түзілетін күл – қоршаған орта мен адам денсаулығы үшін әлеуетті қауіпті химиялық элементтердің күрделі қоспасы болып табылады. 1-суретте ЖЭО көмірді жағу кезінде күлдің түзілуінің технологиялық сұлбасы көрсетілген.



Сурет 1 - ЖЭО көмірді жағу кезінде күлдің түзілуінің технологиялық сұлбасы

Қазіргі уақытта көмір – энергия өндірудің ең үнемді көздерінің бірі болып табылады [1]. Әлемдік электр энергиясының шамамен 40%-ы көмірді жағу арқылы өндіріледі [2]. Көмірді жағу процесі кезінде күл-шлак қалдықтары (КШК) түзіледі. Олардың құрамында, көмір түрі мен жағу технологиясына байланысты, жанбаған көміртек (5–25%), ұшпа күл (30–80%) және шлак (10–70%) болады [3].

Жылу электр станциялары (ЖЭО) қазіргі қоғамның энергетикалық қажеттіліктерін қамтамасыз етуде шешуші рөл атқарады. Алайда, олардың қызметі күл сияқты айтарлықтай көлемдегі жанама өнімдердің түзілуімен қатар жүреді. Көмірді және отынның басқа түрлерін жағу кезінде түзілетін күл, көптеген химиялық элементтердің күрделі қоспасы болып табылады, олардың көпшілігі қоршаған орта мен адам денсаулығы үшін қауіпті.

ЖЭО күлі – жағылатын отын түріне және жағу технологиясына байланысты химиялық құрамы өзгертін дисперсті материал. Күлдің негізгі компоненттері кремний, алюминий, темір және кальций оксидтері болып табылады. Алайда, оның құрамындағы **ауыр металдарға** (қорғасын, кадмий, мышьяк, сынап, никель, хром және т.б.) және **радионуклидтерге** ерекше назар аударылады. Бұл элементтер, тіпті аз концентрацияда болса да, табиғи ортаға түскен кезде улы қасиеттерді көрсетуі мүмкін.

Күл-қож қалдықтарын (КҚК) сақтау айтарлықтай экологиялық және экономикалық мәселе болып табылады [4, 5]. КҚК құрамындағы зиянды заттар күл үйінділерінен шайылып, қоршаған ортаны ластауы мүмкін, соның ішінде атмосфералық, жерүсті, жер асты және беткі суларды былғайды. Мұндай ластану адам денсаулығына зиянды [6, 7].

Топырақ жамылғысына әсері: Құрылымы мен химиялық құрамының өзгеруі Күлқоймаларда күлдің жинақталуы айналадағы топырақтың трансформациясына әкеледі. Ең маңызды өзгерістерге мыналар жатады:

рН өзгеруі: Күл көбінесе сілтілік қасиеттерге ие, бұл топырақ рН деңгейінің жоғарылауына әкелуі мүмкін. Бұл өсімдіктер мен микроорганизмдер үшін қоректік заттардың қолжетімділігіне, сондай-ақ кейбір ластаушы заттардың қозғалғыштығына әсер етеді.

Ауыр металдардың жинақталуы: Күлқоймалардан ауыр металдар топыраққа көшіп, оның жоғарғы қабаттарында жинақталуы мүмкін. Бұл ондаған жылдар бойы сақталатын ластануға әкеледі. Мысалы, Васильев және т.б. (2018) жүргізген зерттеулер күл сақталатын жерлерге жақын топырақтарда Pb, Cd және As айтарлықтай жинақталғанын көрсетті.

Топырақтың физикалық қасиеттерінің нашарлауы: Ұсақ күл бөлшектері топырақты цементтеуі мүмкін, бұл оның су өткізгіштігін, аэрациясын және өздігінен тазару қабілетін төмендетеді.

Көмір мен басқа да отын түрлерін ЖЭО-ларда жағу нәтижесінде пайда болатын күл – әртүрлі химиялық элементтерге бай қосалқы өнім. Бұл элементтердің көпшілігі экожүйелер мен адам денсаулығы үшін қауіпті болуы мүмкін [8-10].

Топырақ қабатына әсері. Күлдің күл үйінділерінде (золаотвалдарда) орналастырылуы мен сақталуы топырақтың физика-химиялық қасиеттерін едәуір өзгертеді. Зерттеулер көрсеткендей, күл топырақтың рН деңгейін өзгертіп, оны сілтілі етуі мүмкін. Бұл өсімдіктер мен микроағзалар үшін қоректік заттардың қолжетімділігіне әсер етеді. Қорғасын (Pb), кадмий (Cd), мышьяк (As), сынап (Hg), никель (Ni) және хром (Cr) секілді ауыр металдар – күл құрамындағы ең қауіпті заттар. Олар күл үйінділерінен топыраққа өтіп, жоғарғы қабаттарда жиналып, ластануға әкеледі [11-21]. Мысалы, Васильев және т.б. (2018) зерттеулерінде күл үйінділерінің жанындағы топырақта ауыр металдардың едәуір жиналғаны анықталған. Бұдан бөлек, ұсақ күл бөлшектері топырақ құрылымын нашарлатып, су өткізгіштігі мен ауа алмасуын төмендетеді.

Су объектілеріне әсері. Күл үйінділерінен зиянды заттардың жерүсті және жерасты суларына өтуі – экологиялық жағынан елеулі мәселе. Жаңбыр және еріген қар сулары арқылы күлден ерігіш қосылыстар – сульфаттар, хлоридтер, ауыр металдар және радионуклидтер шайылып кетеді. Кейбір ғалымдардың зерттеулерінде ЖЭО маңындағы су қоймаларында ауыр металдардың шекті жол берілген концентрациядан (ШЖБК) асып кеткені анықталған. Бұл су сапасының нашарлауына, судағы өсімдіктер мен жануарлар дүниесінің зардап шегуіне, сондай-ақ судың ауызсу және шаруашылық мақсаттарда қолдануға жарамсыз болуына әкеледі. Зиянды сулардың жерасты суларына сіңуі де ауызсу көздеріне ұзақ мерзімді қауіп төндіреді.

Атмосфералық ауаға әсері. Күл үйінділерінің жел эрозиясы – атмосфераға күл бөлшектерінің таралуының басты көзі. Ұсақ дисперсті күл алыс қашықтыққа таралып, өсімдіктерге, топыраққа және су бетіне қонады. Сидоров (2020) күл бөлшектерінің, әсіресе $PM_{2.5}$ және PM_{10} фракцияларының, ауаның ластануына ықпал ететінін және ЖЭО маңында тұратын халықта тыныс алу жолдарының ауруларын тудыруы мүмкін екенін анықтаған. Механикалық әсерлерден бөлек, күл құрамында ауаға ластайтын ұшпалы қосылыстар мен газдар болуы мүмкін.

Өсімдіктер мен жануарлар әлеміне әсері Күлден шыққан ауыр металдар мен басқа да улы элементтер топырақ пен суды ластап, өсімдіктерге тікелей кері әсер етеді. Өсімдіктер бұл элементтерді топырақтан сіңіріп алып, әртүрлі бөліктерінде жинайды. Бұл өсудің тежелуіне, хлорозға, некрозға және өнімділіктің төмендеуіне себеп болады. Козлова (2021) өз зерттеуінде күл үйінділері әсер еткен аймақтарда өсімдіктердің тұншығуы мен түрлік құрамының өзгергенін сипаттайды. Улы элементтер қоректік тізбектер арқылы жануарлар организміне еніп, олардың тіршілік қызметіне, көбею қабілетіне кері әсер етіп, тіпті өлімге әкелуі мүмкін. Ауыр металдардың жануарлар тіндерінде, әсіресе жыртқыштарда, жиналуы биоаккумуляция мен биомагнификация процесін туындатып, бүкіл экожүйеге қауіп төндіреді.

Теріс әсерді азайту әдістері ЖЭО күлінің қоршаған ортаға зиянды әсерін азайту үшін әртүрлі әдістер әзірленіп, қолданылады:

• **Күл үйінділерін рекультивациялау:** беткі қабатқа топырақ төгіп, өсімдіктер отырғызу арқылы эрозияның алдын алу.

• **Күлді құрылыс пен өнеркәсіпте пайдалану:** құрылыс материалдарының (цемент, бетон, кірпіш) компоненті ретінде немесе жол құрылысында қолдану, бұл күл қалдықтарының көлемін азайтады.

• **Отынды жағудың заманауи технологияларын енгізу:** зиянды заттардың шығарылуын төмендетіп, уыттылығы аз күл алу.

• **Күлден құнды компоненттерді алу әдістерін әзірлеу:** мысалы, сирек жер элементтерін бөлу.

ЖЭО күлінің қоршаған ортаға әсері - кешенді және көп факторлы мәселе. Ол топырақтың, судың және ауаның ластануын қамтиды, бұл тірі ағзалар мен адам денсаулығына кері әсер етеді. Күл қалдықтарын басқарудың тиімді әдістерін әзірлеу мен олардың экологиялық ізін азайту үшін әрі қарайғы зерттеулер қажет. Сондай-ақ күлдің экожүйелерге ұзақ мерзімді әсерін бағалау да маңызды.

1.2 ЖЭО күлін қайта өңдеу әдістері

Жылу электр станцияларының (ЖЭО) күлі әлемдегі ең ірі өнеркәсіптік қалдықтардың бірі болып табылады. Күлді күлқоймаларда дәстүрлі сақтау топырақты, суды және атмосфералық ауаны ластауды қоса алғанда, елеулі экологиялық қауіптермен байланысты [22, 23]. Осыған байланысты, ЖЭО күлін қайта өңдеу әдістерін белсенді дамыту және енгізу экологиялық жүктемені азайту және экономикалық тиімділікті арттыру үшін басым міндетке айналуда [24]. Бұл әдеби талдау заманауи ғылыми зерттеулерге сүйене отырып, ЖЭО күлін қайта өңдеудің негізгі әдістеріне, олардың артықшылықтары мен кемшіліктеріне шолу жасауға арналған.

Күлді құрылыс материалдарын өндіруде пайдалану

ЖЭО күлін қайта өңдеудің ең кең таралған және экономикалық тұрғыдан тиімді бағыты оны құрылыс индустриясында пайдалану болып табылады. Өзінің минералдық құрамы мен пуццоландық қасиеттерінің арқасында күл әртүрлі құрылыс материалдарын өндіруде құнды компонент ретінде қызмет ете алады.

Цемент және бетон: Күл цемент пен бетонға минералды қоспа ретінде кеңінен қолданылады, олардың беріктік сипаттамаларын, беріктігін және коррозияға төзімділігін жақсартады [25]. Күлді пайдалану цемент шығынын азайтуға мүмкіндік береді, бұл өнімнің өзіндік құнын және цемент өндірісіндегі CO_2 шығарындыларын төмендетеді. **Чен және т.б. (2020)** зерттеулері бетондардағы цементті күлмен ішінара алмастыру олардың сульфаттық агрессияға төзімділігін арттыруы мүмкін екенін көрсетті. **Кірпіштер мен қабырға блоктары:** Күл жеңіл және берік кірпіштер, пеноблоктар мен газобетон өндіру үшін де қолданылады. Бұл конструкциялардың массасын азайтуға және ғимараттардың жылу оқшаулау қасиеттерін жақсартуға ықпал етеді [26]. **Смирнов (2019)** өз жұмысында

шикізат қоспасында 70% дейін күлді пайдалана отырып, жоғары сапалы құрылыс кірпішін алу мүмкіндігін көрсетті. **Жол құрылысы:** Күл жолдар мен үйінділерді салуда толтырғыш ретінде қолданылады, дренаждық қасиеттерін және топырақ негіздерінің тұрақтылығын жақсартады [27].

Артықшылықтары: Кең қолданыс, экономикалық тиімділік, күлқоймалардан экологиялық жүктемені азайту. **Кемшіліктері:** Күлдің белгілі бір химиялық құрамын қажет етеді, барлық күл барлық құрылыс материалдарына жарамайды.

Күлді ауыл шаруашылығында және жерлерді рекультивациялауда қолдану ЖЭО күлі, әсіресе қоңыр көмірді жағу кезінде түзілетін күл, ауыл шаруашылығында және бұзылған жерлерді рекультивациялау үшін қолданылуы мүмкін.

Топырақты әкпен өңдеу: Кальций және магний оксидтерінің болуына байланысты күл қышқыл топырақтарды бейтараптандыру үшін қолданылуы мүмкін, бұл олардың құнарлылығын және өсімдіктер үшін қоректік заттардың қолжетімділігін жақсартады [28]. **Петров пен Козлова (2021)** күлдің қышқыл топырақтардың рН-ына әсерін зерттеді және олардың агрохимиялық көрсеткіштерінің айтарлықтай жақсарғанын атап өтті. **Микроэлементтер көзі:** Күлде өсімдіктердің өсуі үшін қажетті бірқатар микроэлементтер (мысалы, бор, молибден, мырыш) бар, бұл оны ықтимал тыңайтқыш етеді [29]. Алайда, ауыл шаруашылығы жерлерінің ластануын болдырмау үшін күлдегі ауыр металдардың құрамын бақылау маңызды. **Күлқоймалар мен бұзылған жерлерді рекультивациялау:** Күл өндірілген карьерлерді және күлқоймалардың өздерін рекультивациялау кезінде топырақ қабатын қалыптастыру үшін субстрат ретінде пайдаланылуы мүмкін, бұл өсімдік жамылғысының қалпына келуіне ықпал етеді [30].

Артықшылықтары: Топырақ құнарлылығын арттыру, деградацияланған жерлерді рекультивациялау. **Кемшіліктері:** Улы элементтердің құрамын қатаң бақылау қажет, топырақтар мен өсімдіктердің ластану қаупі.

Күлден құнды компоненттерді бөліп алу

Толтырғыш ретінде кәдеге жаратудан басқа, ЖЭО күлі сирек жер металдары (СЖМ), алюминий, темір, кремний және тіпті көмір қалдықтары сияқты құнды элементтердің ықтимал көзі ретінде қарастырылады.

СЖМ бөліп алу: Жоғары технологиялық салаларда СЖМ-ға сұраныстың өсуімен оларды күлден бөліп алуға деген қызығушылық айтарлықтай артты. Кейбір көмір күлінде СЖМ дәстүрлі кендердегі концентрациясымен салыстыруға болатын немесе тіпті одан асатын концентрацияда болуы мүмкін [31]. **Ли және т.б. (2022)** көмір күлінен СЖМ-ді гидрометаллургиялық жолмен бөліп алудың тиімді әдістерін әзірледі. **Алюмосиликатты материалдар алу:** Күлден цеолиттер, адсорбенттер мен керамикалық материалдар өндіру үшін алюминий мен кремний бөліп алынуы мүмкін [32]. **Көмір қалдықтары:** Күлдегі жанбаған көмір бөлігін бөліп алып, оны отын ретінде немесе белсендірілген көмір өндіру үшін қайта пайдалануға болады [33].

Артықшылықтары: Қосылған құн жасау, бастапқы шикізат көздеріне тәуелділікті азайту. **Кемшіліктері:** Технологиялардың жоғары құны, бөліп алу процестерінің күрделілігі, кейбір элементтердің төмен концентрациясы.

Күлді термиялық өңдеу

Күлді термиялық өңдеу әдістері оны одан әрі пайдалану немесе залалсыздандыру үшін физика-химиялық қасиеттерін өзгертуге бағытталған.

Балқыту және қорыту: Күлді жоғары температурада өңдеу әйнек тәрізді материалды (шлак) алуға мүмкіндік береді, оны инертті толтырғыш ретінде, сондай-ақ минералды мақта алу үшін пайдалануға болады [34]. Бұл процесс ауыр металдарды иммобилизациялауға да ықпал етеді, олардың шайылуын азайтады. **Агломерация:** Күлді түйіршіктеу немесе агломерациялау процесі тасымалдауға және пайдалануға ыңғайлы, сондай-ақ шаңдануды азайтатын ірі және берік бөлшектерді алуға мүмкіндік береді.

Артықшылықтары: Ластаушы заттарды иммобилизациялау, инертті материалдарды алу. **Кемшіліктері:** Энергияны көп қажет ету, жоғары күрделі шығындар.

ЖЭО күлін қайта өңдеу әдістері күлқоймалармен байланысты экологиялық проблемаларды шешу және қосылған құн жасау үшін үлкен перспективалы бағыт болып табылады. Күлді құрылыста пайдалану ең жетілген және кеңінен қолданылатын технология болып табылады. Сонымен қатар, құнды компоненттерді бөліп алу және күлді ауыл шаруашылығында қолдану, сондай-ақ жаңа термиялық әдістерді әзірлеу осы ірі тоннажды қалдықты кешенді және тиімдірек кәдеге жарату үшін жаңа перспективалар ашады. Одан әрі зерттеулер химиялық құрамы әртүрлі күлді қайта өңдей алатын экономикалық тиімді және экологиялық қауіпсіз технологияларды әзірлеуге, сондай-ақ ресурстарды пайдаланудың тұйық циклдарын құруға бағытталуы тиіс.

2 Зерттеу объектісі мен зерттеу әдістемелері

2.1 Алматы ЖЭО-2 технологиялық сипаттамасы

Қарастырылып отырған кәсіпорын Алматы ЖЭС-2 - "АлЭС" АҚ-ның құрылымдық департаменті болып табылады.

Заңды мекенжайы: 050002, Алматы қаласы, Достық даңғылы, 7.
Нақты орналасуы: Алматы қаласы, Алатау ауданы, Алғабас шағынауданы, 7-көше.

ЖЭС-2 – Алматы қаласының орталықтандырылған жылумен жабдықтау жүйесінің негізгі жылу көздерінің бірі, сонымен қатар біртұтас энергетикалық жүйеге электр энергиясын береді. Нысан қаладан 6 км батыс бағытта, қала аумағынан тыс жерде орналасқан және жылу жүйесі бойынша жалпы жылу жүктемесінің 30%-дан астамын қамтамасыз етеді. Кәсіпорынның жалпы аумағы – 150,6459 га, күл үйінділері алаңы жалпы ауданы — 360,1 га.

Географиялық орналасуы: ЖЭС-2 нысаны 2 құрылыс участкісіне бөлініп, Іле Алатауының етегіндегі жазық аумақта орналасқан. №1 учаскеде (өндірістік алаң) – жылу және электр энергиясын өндіруге арналған бастапқы және қосалқы құрылыстар, №2 учаскеде күл үйіндісі алаңы бар. ЖЭС-2 нысаны оңтүстіктен солтүстікке қарай 1,5 шақырымға созылып жатыр.

ЖЭС-2 оңтүстік шекарасынан 2,5 шақырым қашықтықта Алғабас тұрғын елді мекені, 1 шақырым жерде «Үркеркөсметік» кәсіпорны, шығысында егістік алқаптары орналасқан. Батысы мен солтүстігінде құрылыс ұйымдары бар. ЖЭС-2 және оның объектілерінің 2D картаграфиялық көрінісі сурет-1 көрсетілген. ЖЭС-2 және оның объектілерін орналастырудың ситуациялық жоспары сурет-1.1 көрсетілген. Участкінің жалпы көрінісі сурет-1.2 келтірілген.

ЖЭС-2 күл үйіндісі аланының солтүстік-батысында Кукузек су қоймасы, оңтүстік-батысында Бұхара кен орнының магистральдық газ құбыры орналасқан. Учаскенің батыс жағымен еңіс астынан Кукузек өзені ағып жатыр, оның жайылмасында саяжайлар орналасқан. 2 учаскедегі ағынның сол жағалауында ЖЭС-2 №1 күл үйіндісінің учаскелері орналасқан.

Инфрақұрылымның құрамына келесі негізгі жүйелер кіреді:

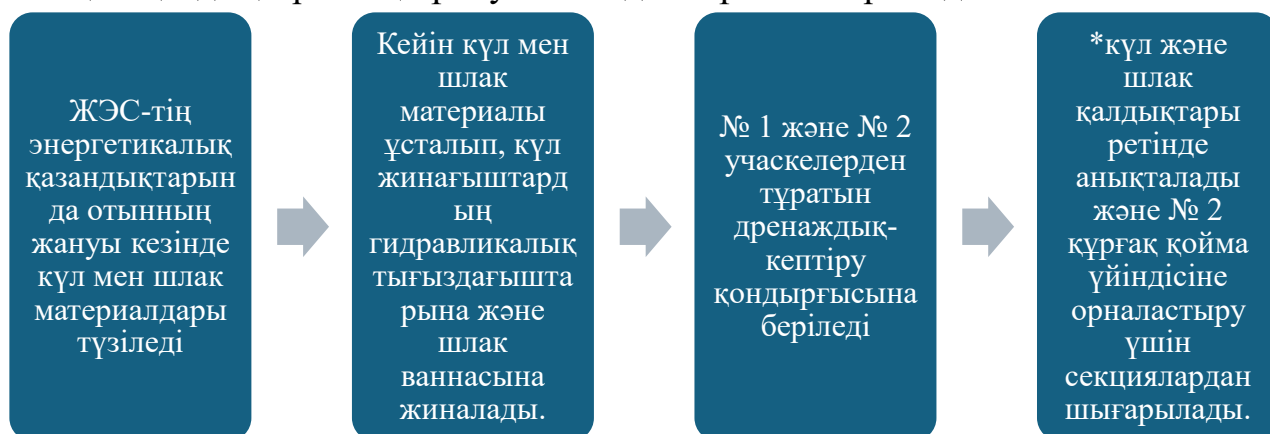
1. Сұйық және қатты отынды қабылдау, сақтау, өндеу және беру кешенімен жабдықталған отын шаруашылығы;
2. Бу қазандықтары мен турбиналар орналасқан бас корпусы;
3. Күл мен шлакты жою жүйесінің құрылғылары;
4. Химиялық су тазалау құрылыстары;
5. Электр энергиясын түрлендіру және беру қондырғылары;
6. Сумен жабдықтау және канализация желілері;
7. Негізгі жабдық пен жүйелердің үздіксіз жұмысын қамтамасыз ететін көмекші өндірістер;
8. Оттегі станциясы;
9. Мазут шаруашылығы;
10. Мазут цехы.

ЖЭС-2 энергетикалық қазандықтары үшін негізгі және резервтік отын – **Екібастұз көмірі**, ал от алдыру үшін **М-100 маркалы мазут** пайдаланылады.

Ашық отын қоймасы конвейерлі ленталық беру жүйесімен жабдықталған. Көмір шаңының таралуын болдырмау мақсатында көмір үйіндісі нығыздалған күйде сақталады. Отын беру жүйесінің негізгі бөлігі бірінші және екінші көтерілімдегі ленталық конвейерлерден тұрады. Бұл жүйе аспирациялық құрылғылармен жабдықталған. Кәсіпорын теміржол және автомобиль көлігі арқылы қамтамасыз етіледі.

Күл мен күлқожды жою жүйесі: ЖЭС-2 №2 учаскесінде күл-қож қалдықтарын жинау жүзеге асырылады. Гидравликалық тәсілмен солтүстік-батыста орналасқан № 1 күл үйіндісіне станция алаңынан, 1 және 2 секцияларына жобада белгіленген регламентпен күл қоймаға жинау үшін шығарылады. №1 екі секциялы жедел күл үйіндісі. №2 құрғақ қойма күл үйіндісі. Аралас қойма күл үйінділерінің жиынтық сыйымдылығы 22,42 млн.м3 құрайды және 2023 жылдан бері эксплуатацияға берілген. ЖЭО-2 күл-қож қалдықтары айналмалы гидрозолдау жүйесімен №1 күл үйіндісі секциясының қолданыстағы алаңына тасымалданады. Қауіптілік дәрежесі бойынша қалдықтар V сыныпқа жатады және мүмкін құрылыста шектеусіз қолданылады. 3-4 суреттерде ЖЭС-2 күл үйінділерінің орналасуының схемалық картасы көрсетілген. Қазіргі таңда ЖЭО-2-де екі секциялы дренажды-кептіру қондырғысынан және №2 құрғақ жинақтау күл үйіндісінен тұратын **аралас жүйе** жұмыс істейді. Күл қалдықтарын кезең-кезеңімен №2 үйіндіге тасымалдау үшін дренажды-кептіру қондырғысының бір секциясы (№1 немесе №2) екінші секция жұмыс істеп тұрған кезде босатылады. Шлактың бір бөлігі экранында қалдырылып, кептірілген экранда жарылып, бұзылмауы үшін қолданылады.

Көмірмен жұмыс істейтін ЖЭС-2-нің негізгі қалдықтары көмірді жағу нәтижесінде пайда болған күл мен қож болып табылады. Күл мен қож материалдарының технологиялық тізбек бойымен қозғалуы және олардан күл мен қож қалдықтарының түзілуі келесідей жүзеге асырылады:

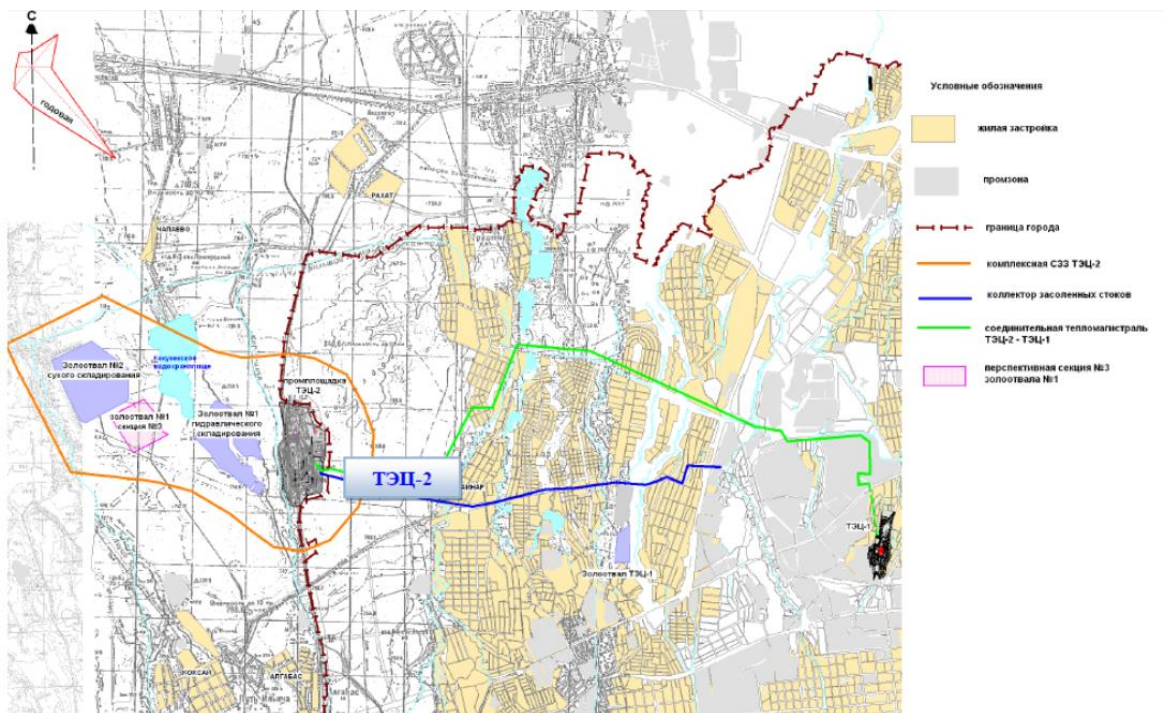


Сурет 2- Күл мен күлшлактарының пайда болу тізбегі

жобада белгіленген ережелерге сәйкес күл және шлак материалдарды дренаждан кейін, қажетті консистенцияға дейін кептіру және дайындау оларды ылғалдандыру арқылы қажетті күйге келтіргеннен кейін жою.



Сурет 3 – ЖЭО-2 және оның объектілерінің 2D картаграфиялық көрінісі

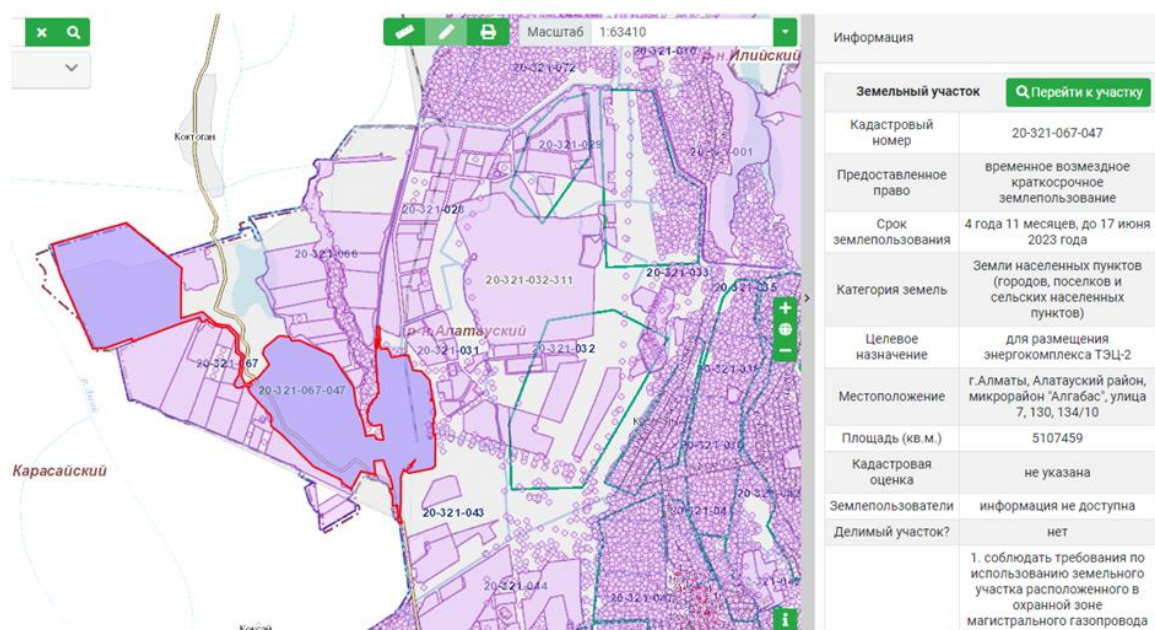


Сурет 4 – ЖЭС-2 және оның объектілерін орналастырудың ситуациялық жоспары

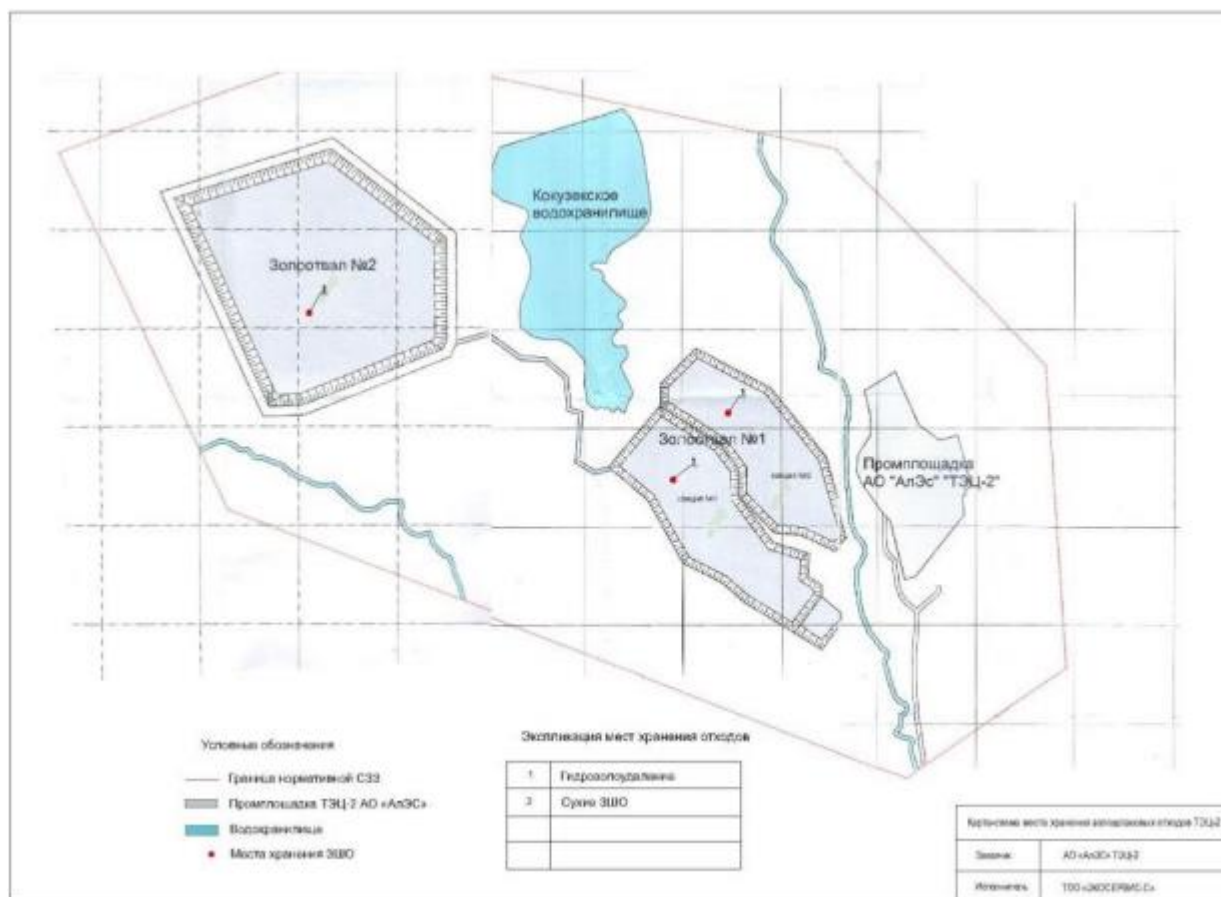


Сурет 5 – Участкінің жалпы көрінісі

АО «АлЭС» ТЭЦ-2



Сурет 6 – ЖЭС-2 күл үйінділерінің орналасуының схемалық картасы



Сурет 7 – ЖЭС-2 күл үйінділерінің орналасуының схемалық картасы

2.2 ЖЭС-2 күл мен шлакты қалдықтарының сипаттамасы

Екібастұз көмірін пайдаланып жұмыс істейтін ЖЭС-2 станциясының негізгі өндірістік қалдықтары — күлшлактар, олар көмірді жағу процесінің нәтижесінде түзіледі. Күл мен шлакты бірге шығарып, тасымалдап және жинақтауға арналған құрылыстар кешені гидравликалық күл шығарудың айналымдық жүйесіне біріктірілген. Бұл жүйеде күл мен шлак біріктірілген түрде су арқылы шығарылады. Күлшлакты пульпа багерлік (сорғы) қондырғылар арқылы құбырлармен №1 наливті типтегі күл үйіндісіне жеткізіледі. Үйіндінің су бетінің ауданы 60,4 гектарды құрайды және ол ЖЭС-2 алаңынан 0,8 км батысқа қарай, Қарғалы (Күкүзек) өзенінің жайылмасында орналасқан. Минералогиялық тұрғыдан ТЭЦ-2 күлшлактары алюмосиликаттардан тұрады. Негізгі компоненттерге муллит, кварц, гематит, магнетит және жанбаған көмір бөлшектері жатады. Күлшлакты қалдықтар — бұл ұнтақтәрізді дисперсті материал, түсі ақшыл сұрдан қою сұрға дейін өзгереді (жанбаған көмір мөлшеріне байланысты). Жатқан (шөгінді) күлшлактар микросфералармен (жоғары температура әсерінен балқып қайтадан қатқан кварц бөлшектері) және бұрышты пішінді ұсақ бөлшектермен сипатталады. Күл бөлшектерінің ең ірі фракцияларының мөлшері 1–2,5 мм. Ұсақ фракциялар (<0,14 мм) күлдің жалпы массасында 15–95 % аралығында

болады, бұл күл үйіндісінің гребенінен алыну орнына байланысты өзгеріп отырады. Гранулометриялық құрамына сәйкес, жатқан күлшлактар негізінен 0,25 мм-ден кіші бөлшектерден тұрады, оның ішінде шаң тәрізді фракциялар (<0,05 мм) 35–40 %.

Күлшлактардың химиялық құрамы (1-кесте бойынша) негізінен кремний, алюминий, темір және кальций оксидтерінен тұрады. Бұл компоненттер күлшлактар массасының шамамен 95 %-ын құрайды.

Атап айтқанда:

1. Кремний диоксиді (SiO_2) күлшлактардың 54 % көлемінде кездеседі;
2. Алюминий және темір оксидтері – шамамен 34 %;
3. Сілтілі және сілтілік-жер металдарының оксидтері – 11 %-дан аспайды.

Бұл мәліметтер ЖЭО-2 күлшлактарының минералдық және химиялық жағынан салыстырмалы түрде тұрақты және біртекті екенін көрсетеді, бұл оларды құрылыс саласында, соның ішінде жол төсеу мен жасанды құрылымдар тұрғызу үшін қолдану және химиялық тұрғыда мықты катализатор немесе адсорбент болу мүмкіндігін растайды.

Кесте 1 – Алматы ЖЭО-2 түзілетін күлшлактардың макрокомпоненттер құрамы, %

<i>Қосылыстың атауы</i>	<i>Мазмұны, %</i>
Алюминий оксиді (Al_2O_3)	27,5
Темір оксиді (Fe_2O_3)	7,0
Магний оксиді (MgO)	1,5
Калий оксиді (K_2O)	2,0
Кремний диоксиді (SiO_2)	54,0
Кальций оксиді (CaO)	6,5
Натрий оксиді (Na_2O)	0,5

Жалпы сипаттамасы: Көмір ұшпа күлі — агрегатталған және балқып бірігіп кеткен күл бөлшектері. Оған шлакты құм (астық мөлшері 0,315-тен 5 (немесе 3) мм-ге дейін) және шлакты қиыршықтас (астық мөлшері 5 (немесе 3) мм-ден жоғары) жатады. Күл мен шлактың қоспадағы арақатынасы отынның түріне және оны жағу технологиясына байланысты анықталады. Қатты шлак жою жүйесі бар пештерде күлдің 10–20 % шлакқа айналса, ал сұйық шлак жою жүйесінде бұл көрсеткіш 20–40 %-ға дейін жетеді. Соңғы жылдары көмір ұшпа күлінен алынған синтезделген цеолит адсорбциялық қасиеттері бойынша

ерекше тиімділігімен танылуда. Оның құрамында негізінен кремний диоксиді (SiO_2) және алюминий оксиді (Al_2O_3) болады және құрылымы табиғи цеолиттерге ұқсас кеуекті құрылыммен сипатталады. Мұндай құрамы көмір ұшпа күлінен алынатын цеолиттерді синтездеу үшін болашағы зор әрі экономикалық жағынан тиімді материал ретінде қарастыруға мүмкіндік береді. Көмір ұшпа күлінен негізінде алынған цеолиттің әлеуеті экологиялық мақсаттарда кеңінен танылған, атап айтқанда атмосфера мен топырақты рекультивациялауда айрықша тиімділігі дәлелденген. Сарқынды суларды тазарту саласында бұл цеолит мұнай қалдықтарын тиімді бөлу, ауыр металдардың иондарын сіңіру арқылы өзін жоғары нәтижелі **катализатор** әрі адсорбент ретінде көрсетті. Бұл өз кезегінде улы металдардың концентрациясын айтарлықтай төмендетіп, олардың су экожүйелеріне және адам денсаулығына теріс әсерін азайтады. Сонымен қатар, көмір ұшпа күлінен негізіндегі цеолит фосфор, химиялық оттегіге сұраныс (ХОС) және аммоний азоты ($\text{NH}_3\text{-N}$) деңгейін төмендетуде де жоғары тиімділік көрсетті. Бұл көрсеткіштер су ортасында эвтрофикацияның алдын алу және қатаң экологиялық талаптарға сай болу үшін аса маңызды болып табылады. Жалпы алғанда, жоғары өнімділігі мен қолжетімділігіне байланысты көмір ұшпа күлінен дан алынған цеолит экологиялық рекультивация саласында кең қолданыс табатын әмбебап әрі құнды материал ретінде ғылыми қауымдастықтың назарын өзіне аударуда.

Көптеген отын түрлерінен алынған күлдердің 98–99 % құрамы бос немесе химиялық қосылыстар құрамындағы кремний, алюминий, темір, кальций, магний, калий, натрий, титан, күкірт оксидтерінен тұрады. Сонымен қатар, күлде Менделеев кестесінің барлық элементтері дерлік аз мөлшерде кездесуі мүмкін.

Күл құрамында шартты түрде үш заттық топты бөлуге болады:

1. шынытәрізді (аморфты),
2. кристалдық,
3. органикалық компоненттер.

Шынытәрізді зат – бұл отынның минералды (негізінен сазды) құрамына термохимиялық әсер ету нәтижесінде түзілетін өнім. Мұндай шынылардың химиялық құрамы күрделі және әртүрлі. Тас көмір мен қоңыр көмір күлінде 10–15 % CaO болған жағдайда, негізінен ферроалюмосиликатты шынылар түзіледі. Бұл шынылардың 80–90 %-ын SiO_2 және Al_2O_3 құрайды. CaO мөлшері артқан сайын, оның шыны құрамындағы үлесі де артады. Күлдің кристалдық бөлігіне отынның органикалық бөлігімен бірге болатын бастапқы минералдар да, жану кезінде пайда болған жаңа түзілімдер де жатады. Ең кең таралғандары: магнезит, гематит, кварц. Бұл минералдар негізінен тас көмір, антрацит, сондай-ақ кальцийі аз қоңыр көмір күлдерінде кездеседі. Күл шөгінділерінің қасиеттерін анықтауда гипс, кальцит, доломит, және олардың термиялық ыдырау өнімдері – ангидрит пен бос кальций оксиді ерекше рөл

атқарады. Барлық отын күлдерінде кальций сульфаттары мен карбонаттары кездеседі. Минералдық құрамнан бөлек, күлшлакты материал құрамында жанбаған органикалық бөлшектер де болады. Егер жағу процесі дұрыс жүрсе, олардың мөлшері 5 %-дан аспайды, ал жағу режимі бұзылғанда бұл көрсеткіш едәуір артады. Бұл жанбаған қалдықтар жеке органикалық бөлшектер немесе көп фазалы агрегаттар құрамында кездеседі. Күл үйінділерінде цементация процесі жүрмейді. Күл бөлшектері майда шаң күйінде қалып, шөгінділердің кебуі кезінде шаңдануға бейім болады. Осыған байланысты, кепкен күлшлакты үйінділер кварцты шаңның көзіне айналуы мүмкін. Энергетикалық өндіріс барысында, атап айтқанда жылу электр станцияларында (ЖЭС), қалдықтардың түзілуі – өндірістік процестің ажырамас бөлігі. Алматы қаласындағы АО «АлЭС» ТЭЦ-2-де жылу мен электр энергиясын өндіру кезінде золошлак қалдықтары, пайдаланылған майлар және металл сынықтары секілді түрлі өндірістік қалдықтар түзіледі. Бұл қалдықтармен дұрыс әрі экологиялық талаптарға сай жұмыс істеу — кәсіпорын қызметінің маңызды бағыты болып табылады.

Күл қалдықтарын орналастырудың технологиялық процесі. Күл материалдарын орналастыру процесі бірнеше кезеңнен тұрады. Алдымен күл қоспасы гидравликалық әдіспен ЖЭС-2 аумағынан дренажды-құрғату қондырғысына (ДҚК) жеткізіледі. Бұл құрылғы екі секциядан (№1 және №2) тұрады және күл массасын дренаждап, оны белгіленген консистенцияға дейін құрғатып шығару үшін қолданылады. Кейіннен алынған материал арнайы ылғалдандыру процедурасынан өтеді, нәтижесінде ол күл қалдығы ретінде есептеліп, №2 құрғақ күл үйіндісіне тасымалданып, орналастырылады. Бұл үдеріс жобалық регламентке толық сәйкес жүргізіледі. Ескерту ретінде айта кету керек: ДҚК ішіндегі материал көлемі нормаланбайды, себебі бұл жерде материал тек уақытша сақталып, қажетті күйге жеткізіледі. Нормативтік есепке тек №2 құрғақ күл учаскісінде орналастырылған қалдық көлемі ғана алынады.

Күл қалдықтарының сипаттамасы

Қауіптілік деңгейі: Өртке қауіпті емес, жарылыс қаупі жоқ, уытсыз

Агрегаттық күйі: Қатты (ұнтақ тәрізді)

Химиялық құрамы: Кремний диоксиді – 65%,Алюминий оксиді – 24%,Басқа қосылыстар – 11%

Күл-кож материалдарының құрамы мен қасиеттері бірқатар технологиялық және табиғи факторларға тікелей байланысты. Атап айтқанда, олар.

1.Жанармайдың минералдық құрамына;

2.Ұнтақ дайындау жүйесінің түріне;

3.Жану режиміне;

4.Улау және жою тәсілдеріне;

Күл құрамы мен ерекшеліктері соңымен қатар ұстап қалу немесе жинау орнына (электрофилтрлер, циклондар, күл жинау алаңдары мен учаскілеріне және т.б.) байланысты.

Күл түрлері. Күл қалдықтары пайда болу тәсіліне қарай келесі негізгі түрлерге бөлінеді. Ұшпа күл – жанбаған ұсақ бөлшектерден тұрады, көбінесе электрофилтрлер мен циклондардан алынады. Шлак – қазандықтардың астында түзілетін, жоғары температурада балқып қалған, тұтқыр қалдық. Күлшлак қоспасы–күл мен шлактан тұратын аралас материал.

Кесте 2 - Күл құрамындағы заттық топтардың жіктелуі

Күлшлакты материалдардың топтары	I	II	III
Химиялық белсенділік	Белсенді (жоғары кальцийлі)	Жасырын белсенді	Инертті (төмен кальцийлі)
Сапа көрсеткіштері	Mo >0,5-2,8	>0,1-0,5	<0,1
	Mc 1,5-7,8	1,4-3,6	1,3-3,2
	K 1,0-3,6	0,5-1,5	0,4-0,9
Қатаю қабілеті	Өздігінен қатады	Қатаюды күшейтуді талап етеді	Инертті материал
Қолдану мүмкіндіктері	Күлқалдық бөгеттер,жергілікті байластырғыш және қоспалар,жол құрылысы	Жылумен өңделетін,активаторлармен Өңделетін бұйымдар өндірісі,жол құрылысы	Жол құрылысы,күл қиыршығы өндірісіне арналған

Сапа көрсеткіштері

Сапа көрсеткіштері химиялық құрамына (%) байланысты келесі формулалар бойынша бағаланады:

$$Mo = (CaO + MgO) / (SiO_2 + Al_2O_3)$$

$$Mc = SiO_2 / Al_2O_3$$

Негізгі модуль (Mo) мәніне қарай күлшлакты материалдар шартты түрде келесідей бөлінеді:

негізгі ($Mo > 1$),**қышқыл** ($Mo < 1$),**бейтарап** ($Mo \approx 1$).

Сапа коэффициенті (K) мына формула бойынша анықталады:

$$K = (CaO + MgO + Al_2O_3) / (SiO_2 + MnO)$$

Химиялық құрамы бойынша күлшлактар жоғары кальцийлі (I топ) және төмен кальцийді (қышқыл, II топ) болып бөлінеді. Бұл жіктеуде негізгі критерий – $CaO + MgO$ мөлшері (20%-дан жоғары немесе төмен).

Физика-химиялық құрамын көзбен шамалау

Тәжірибеде күлшлакты материалдардың шамамен физика-химиялық құрамын құрылымы мен түсіне қарап анықтау маңызды болады. Зерттеулерге сәйкес күлшлагының, әсіресе шлактардың, негізгі компоненті – **шыны** (аморфты фаза).

Шыны түзуші элементтер – SiO_2 , Fe_2O_3 , Al_2O_3 күлдің 80–90%-ына дейін құрайды.

Күлшлактарында кездесетін шынылардың әртүрлілігі құрамы мен оптикалық қасиеттері бойынша келесі төрт түрге бөлінеді:

А – түссіз,
В – сары,
С – қоңыр,
Д – қара.

Түссіз шыны мелилит $((Ca, Na)_2(Al, Mg, Fe^{2+})(Al, Si)SiO_7)$, геленит $(Ca_2Al(AlSi)O_7)$ және окерманит $(CaO-Al_2O_3-SiO_2)$ жүйесі) тәрізді құрылымдармен сипатталады.

Сары шыны $CaO-Fe_2O_3-SiO_2$ жүйесіне жатады және оның мөлшері күлдегі CaO мен Fe_2O_3 концентрациясы артқанда көбейеді.

Қоңыр және қою қоңыр шыны CaO мөлшері жоғары күлдерде кездеседі.

Қара шыны металл жылтырады және негізінен магнетит $(FeO-Fe_2O_3)$ пен гематиттің (Fe_2O_3) шыны түрінде кездесуімен сипатталады.

Күлшлагын сыртқы түрі бойынша бағалау

Сыртқы түріне қарай күлшлагын бастапқы бағалау кезінде келесі тұжырым жасауға болады:

1.Қоңыр және қою шыны бар материалдар → белсенді І топқа жатады

2.Түссіз шыны бар материалдар → инертті ІІІ топқа жатады

3.Қара шыны → құрамында темір оксидтері көп шлактарға тән

Заманауи ЖЭО-дағы күл мен шлак түзілуі

Қазіргі замандағы жылу электр станцияларында (ЖЭО) көмір ұнтақ күйінде жағылады.

Шлак — отынның минералды бөліктері оттықта жұмсарып, бірігіп, шлактасып, оттықтың астындағы бункерде жиналатын материал. Шлак түйіршіктерінің өлшемі — 1–50 мм.

Қазандықтағы жану процесінде отынның минералдық бөлігі негізінен күлге, ал аз бөлігі **шлакқа** айналады.

Ұшпа күл — өте майда дисперсті материал, бөлшектерінің өлшемі микронның үлесінен бастап 0,14 мм-ге дейін өзгереді. Ол циклондар мен электрофилтрлерде ұсталып, құрғақ күйінде золоуловитель арқылы жиналады.

Күл бөлшектерінің пішіні негізінен **сфералық**, беті — **жылтыр шыны тәрізді**.

Егер күл түтін газдарымен бірге шығарылса, онда ол атмосфераны ластайды.

Қазандық жабдықтарында балқытылған күл түтін экрандарының, ширмалардың және басқа элементтердің бетіне жабысып, қатқан шлак түрінде жиналады.

Жанатын отын түріне байланысты жіктелуі

Күлшлак қалдықтары қолданылған отын түріне қарай мынадай топтарға бөлінеді:

1.Сланец негізіндегі күл

2.Таскөмірден пайда болған күл

3.Қоңыр көмірден шыққан күл

4.Шымтезекті жағу нәтижесінде түзілген күл

Химиялық құрамы бойынша жіктелуі

Химиялық құрамына байланысты күл материалдары:

1. Кальцийге бай (жоғары кальцийлі) – белсенді, реакциялық қабілеті жоғары материалдар;

2. Кальцийі аз (төмен кальцийлі) – инертті немесе қышқылдық сипаттағы материалдар;

3. Бұл жіктеу күл қоспаларын жол төсеніштері, катализатор, адсорбент, гидротехникалық құрылыстар және технологиялық бөгеттер салу сияқты қолдану салаларын бағалауда ерекше маңызды.

Күл материалдарының химиялық және визуалды жіктелуі

Күл материалдарының химиялық құрамын бағалаудың маңызды көрсеткіштері ретінде келесі модульдер қолданылады:

Негізгі модуль (Mo) – минералдық құрамның қышқылдығы мен негізділігін сипаттайды:

$$Mo = \frac{CaO + MgO}{SiO_2 + Al_2O_3} \quad Mo = SiO_2 + Al_2O_3 \quad CaO + MgO$$

Осы көрсеткішке сәйкес күл келесідей шартты топтарға бөлінеді:

1. **Негізгі** ($Mo > 1$)

2. **Қышқылды** ($Mo < 1$)

3. **Бейтарап** ($Mo \approx 1$)

4. **Кремний-алюминий қатынасы (Mc):**

$$Mc = \frac{SiO_2}{Al_2O_3} \quad Mc = Al_2O_3 \quad SiO_2$$

Сапа коэффициенті (K):

$$K = \frac{CaO + MgO + Al_2O_3}{SiO_2 + MnO} \quad K = SiO_2 + MnO \quad CaO + MgO + Al_2O_3$$

Шлак және оның құрамдық сипаттамалары

Шлак – бұл күл бөлшектерінің бірігіп, балқып біріктірілген агрегатталған бөлшектері. Шлак құрамына кіреді:

Шлак құмы — бөлшектерінің өлшемі 0,315-тен 5 (немесе 3) мм дейін,

Шлак қиыршығы — бөлшектері 5 (немесе 3) мм-ден үлкен.

Күл мен шлақтың арақатынасы отынның түріне және жағу технологиясына байланысты анықталады. Қатты шлак шығаратын қазандықтарда шлак құрамына күлдің 10–20% өтсе, сұйық шлак шығарылатын қазандықтарда бұл көрсеткіш 20–40%-ға жетеді.

Шлак-бейорганикалық, экологиялық және технологиялық химия бағыттарында шикізат, сорбент немесе катализдік негіз ретінде пайдаланылады. Ағынды суларды тазарту, органикалық ластағыштарды ыдырату, газдарды сорбциялау секілді процестерде қолданылады.

Күлдің химиялық құрамы

Көптеген отын түрлерінің күлі 98–99% еркін және химиялық қосылыстарға байланысқан кремний, алюминий, темір, кальций, магний, калий, натрий, титанды, күкіртті оксидтерден тұрады, сондай-ақ Д.И. Менделеевтің периодтық жүйесіндегі барлық элементтерді қамтуы мүмкін.

Күл құрамында шартты түрде үш топ заттарды бөлуге болады:

**Шыны тәрізді заттар,
Кристалдық заттар,
Органикалық заттар.**

Шыны тәрізді заттар – отынның минералдық бөліміне (негізінен балшықты) термохимиялық әсердің нәтижесі. Шынының химиялық құрамы күрделі және әртүрлі.

Қара және қоңыр көмірлердің күлі, СаО мөлшері 10–15% дейінгі, негізінен ферроалюмосиликаттық шыныны құрайды, оның негізгі шыны түзуші компоненттері Al_2O_3 және SiO_2 күлдің 80–90% дейінгі бөлігін құрайды. Күлдегі СаО мөлшері артқан сайын, шыныдағы оның үлесі де жоғарылайды.

Күлдің кристалдық бөлігі

Күлдің кристалдық бөлігі отынның органикалық құрамына тән бастапқы минералдардан және оттықтағы процестерде пайда болған жаңа минералдардан тұрады. Ең кең таралғандары — магнезиттер, гематит, кварц. Олар негізінен тас көмір, антрацит және төмен кальцийлі қоңыр көмір күліне тән.

Күл шөгінділерінің қасиеттерін қалыптастыруда маңызды рөл гипс, кальцит, доломит және олардың жартылай термиялық ыдырау өнімдері – ангидрит және еркін кальций оксиді атқарады. Кальций сульфаттары мен карбонаттары барлық отын түрлерінің күлі құрамында кездеседі.

Органикалық қоспалар

Күлшлақты материалдарда әдетте жанбаған органикалық заттар да болады. Қазандық режимі дұрыс болған жағдайда олардың мөлшері 5%-дан төмен, ал жағу режимі бұзылған кезде айтарлықтай артуы мүмкін. Жанбаған органика жеке бөлшектер немесе бірнеше фазалардан тұратын агрегаттар құрамында болады.

Күл үйіндісі алаңдардағы процестер

Күл үйіндісі алаңдарда фазалардың цементациясы болмайды. Күл бөлшектері ұсақ шаң күйінде қалып, құрғаған кезде шаң шығарады. Сондықтан бұндай алаңдар құраған кезде кварц шаңының көзі болуы мүмкін.

Микроэлементтердің болуы

Күлшлақты қалдықтар микроэлементтерді де қамтиды, олардың мөлшері кей жағдайда ШЖБК-дан асып кетеді. Бұл микроэлементтердің қоршаған ортада жиналу қабілетіне байланысты экологиялық әсердің ерекшелігін көрсетеді.

Минералдық құрам мен табиғи шикізатқа ұқсастық

Күл құрамы химиялық және минералдық құрамы табиғи минералдық шикізатқа ұқсас. Жоғары күлді көмірдің күлі орташа 50–60% SiO_2 , 30–35% Al_2O_3 , сонымен қатар темір, кальций және магний оксидтерінен тұрады. Тас көмір, қоңыр көмір, антрацит және торф күлі әдетте қышқыл болып келеді.

Кальций мөлшеріне байланысты топтастыру

Күл химиялық құрамына қарай екі негізгі топқа бөлуге болады:

I топ (жоғары кальцийлі) – $CaO + MgO \geq 20\%$

II топ (төмен кальцийлі, қышқылды) – $CaO + MgO < 20\%$

Бұл жіктеу олардың белсенділігіне, цементке ұқсас қасиеттеріне және құрылыс саласындағы қолдану тиімділігіне әсер етеді.

Күлшлақтың визуалды сипаттамасы және шыны құрылымдары

Тәжірибеде күл шамамен құрамы мен белсенділігін **сыртқы түрі мен түсі бойынша** бағалау әдісі жиі қолданылады. Әдебиеттерге сәйкес, күл мен шлактардың негізгі құрамдас бөлігі – **шыны** (аморфты фаза), оның үлесі **80–90%** дейін жетуі мүмкін.

Түрі	Сипаттамасы	Шамамен құрам
A – Түссіз	Құрылымы мөлдір, инертті	Мелилит, геленит, окерманит ($\text{CaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$)
B – Сары	CaO және Fe_2O_3 жоғары	$\text{CaO} - \text{Fe}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$ жүйесі
C – Қоңыр	CaO құрамы жоғары	Қоңыр және қою-қоңыр түстер
D – Қара	Металдық жылтыры бар, FeO мен Fe_2O_3 көп	Магнетит, гематит шыны түрінде

Күлді сыртқы түрі бойынша топтарға бөлу:

I топ (белсенді) – қоңыр немесе қою-қоңыр шынысы бар күл

III топ (инертті) – түссіз шынылы күл

Темір оксидтері жоғары шлактар – қара шынылы, металл жылтырын береді

2.3 Зерттеу объектісі

Зерттеу объектісі ретінде Алматы ЖЭО-2 ұшпа күлі таңдалды (сурет-8).

Аталған күл — көмірді жағу процесінде түзілетін техногендік қалдық, оның құрамында әртүрлі минералдық және металл оксидтері (мысалы, кремний диоксиді (SiO_2), алюминий оксиді (Al_2O_3), темір оксидтері (Fe_2O_3 , Fe_3O_4), кальций карбонаты (CaCO_3) және т.б.) кездеседі. Оларды тиімді катализаторлық материалдарға айналдыруға болады.



Сурет 8 – Алматы ЖЭО-2 ұшпа күлінің үйіндісі

Әдебиеттерде ЖЭС күлі негізінде түрлі катализаторларды синтездеу және оларды ағынды суларды тазартуда қолдану туралы мәліметтер келтірілген. Мұндай катализаторлардың негізгі артықшылықтары – олардың арзан болуы, кеңінен қолжетімділігі және қоршаған ортаға әсерін азайтуға мүмкіндік беруі.

Зерттеуге пайдаланылған ұшпа күл үлгілері Алматы қаласындағы ЖЭС-2-тен алынған. Бұл күл – ұсақ дисперсті, сұр түсті, жеңіл құрылымды материал болып табылады. Оның морфологиясы мен физика-химиялық қасиеттері күлдің қолдану саласын анықтауда маңызды рөл атқарады. Осыған орай, ЖЭС күлін кешенді түрде зерттеу – оның құрылымдық, химиялық және термиялық сипаттамаларын анықтауға, әрі оны өнеркәсіптік мақсатта қайта өңдеудің ғылыми негізделген тәсілдерін ұсынуға мүмкіндік береді.

Зерттеу мақсаты – осы күлдің құрамын, құрылымын және қайта өңдеу әлеуетін ғылыми тұрғыда бағалау.

2.4 Зерттеу әдістемелері

Жылу электр станциясының ұшпа күлінің морфологиялық, химиялық және физика-химиялық қасиеттерін кешенді түрде зерттеу үшін бірқатар заманауи аналитикалық әдістер қолданылды.

ЖЭС-2 нысанынан алынған ұшпа күл зертханалық өңдеуден бұрын біртекті және ұсақ дисперсті күйге келтіру мақсатында Pulverisette 2 маркалы автоматтандырылған зертханалық диірменде (ступкалы ұнтақтағыш) ұнтақталды. Pulverisette 2 құрылғысы механикалық жаншу және үйкеліс принципіне негізделген. Құрылғыда пестик пен стационарлы ступка бар, бұл жүйе қатты және борпылдақ материалдарды тиімді түрде ұнтақтауға мүмкіндік береді.

Күділ ұнтақтау процесі келесі ретпен жүзеге асырылды:

- 1) Бастапқыда ұшпа күл үлгісі алдын ала кептіріліп зертханалық қол елеуіш арқылы ұсақталып -0.4 мм тығыздығына келді, кейін Pulverisette
- 2) маркалы автоматтандырылған зертханалық диірменнің керамикалық ступкасына салынды;
- 3) Пестик автоматты түрде айналмалы және басқышты қозғалыс жасап, күл бөлшектерін жаншып, үйкеліс арқылы үгітті;
- 4) Күл бөлшектері құрылғы ішінде біртіндеп микрон өлшеміне дейін ұсақталып, біркелкі ұнтаққа айналды.

Ұнтақтау уақыты мен пестиктің қысым күші күлдің физикалық қасиеттеріне қарай реттелді. Нәтижесінде алынған ұнтақ гомогенді құрылымға ие болып, әрі қарай жүргізілетін химиялық, морфологиялық және фазалық талдауларға, сондай-ақ катализатор синтезі процесіне дайын күйге жеткізілді.

Осы зерттеудің аясында ЖЭС-2 нысанынан алынған ұшпа күлдің құрылымдық-физикалық қасиеттеріне ұнтақтау уақыты мен сілтілік

активатордың (KOH және NaOH) мөлшерінің әсері зерттелді. Бұл тәжірибелердің мақсаты — катализатор немесе адсорбент ретінде қолдануға жарамды оптималды өңдеу шарттарын анықтау.

1. Шикізатты дайындау

Барлық үлгілерде бастапқы шикізат ретінде ЖЭС-2-ден алынған ұшпа күл пайдаланылды. Әрбір тәжірибелік нұсқаға 50 грамм күл алынды.

2. Ұнтақтау процесі (Pulverisette 2 құрылғысы)

Барлық үлгілер Pulverisette 2 зертханалық диірменінде өңделді. Бұл құрылғы механикалық жаншу және үйкеліс принципі бойынша жұмыс істейді, материалды біртекті ұсақ фракцияларға дейін өңдеуге мүмкіндік береді. Ұнтақтау процесі 1 сағат және 2 сағат мерзімінде жүргізілді.

3. Сілтілік өңдеу шарттары

Күлге сілті қосу арқылы оның беттік белсенділігі мен кеуектілігі арттырылуы көзделді. Төменде тәжірибеде қолданылған 10 нұсқа келтірілген:

Кесте 3 – күлдің құрамына әртүрлі мөлшерде сілтілерді қосу және уақыты

№	Құрамы	Ұнтақтау уақыты
1	Күл – 50 г	1 сағат
2	KOH – 10 г + күл – 50 г	1 сағат
3	KOH – 50 г + күл – 50 г	1 сағат
4	NaOH – 10 г + күл – 50 г	1 сағат
5	NaOH – 50 г + күл – 50 г	1 сағат
6	Күл – 50 г	2 сағат
7	KOH – 10 г + күл – 50 г	2 сағат
8	KOH – 50 г + күл – 50 г	2 сағат
9	NaOH – 10 г + күл – 50 г	2 сағат
10	NaOH – 50 г + күл – 50 г	2 сағат

Барлық үлгілерде сілті (NaOH немесе KOH) құрғақ күйде күлмен бірге қосылып, ұнтақтау кезінде бірге механикалық өңдеуден өтті. Бұл тәсіл біртегізде механикалық және химиялық активизация жүргізу арқылы материалдың каталитикалық немесе адсорбциялық қасиеттерін жақсартуға бағытталған.

4. Жұмыс мақсаты

- Ұнтақтау уақытының (1 сағат және 2 сағат) күлдің құрылымына әсерін зерттеу
- NaOH және KOH мөлшерінің әсерін салыстыру
- Ең тиімді өңдеу комбинациясын анықтап, катализатор алу үшін жарамдылығын бағалау

Pulverisette 2 зертханалық ұнтақтағышында 1 сағат бойы өңделіп, біртекті және микрондық деңгейдегі ұсақ фракциялы күйге келтірілген соң. Ұнтақтау процесі қосымша реагенттерсіз түрі, табиғи (қоспасыз) ұшпа күл үлгісі катализатор синтезіне дейінгі бастапқы химиялық құрамын анықтау мақсатында энергия-дисперсиялық рентген-флуоресценттік (EDXRF) талдауға жіберілді. Бұл кезеңнің басты мақсаты – алюмосиликатты және металл оксидтерінің (мысалы, SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , TiO_2) массалық үлесін анықтау арқылы күлдің катализатор немесе адсорбент ретінде жарамдылық әлеуетін бағалау.

Зерттелетін үлгілердегі элементтік құрамды анықтау үшін біз NEX CG II құрылғысында EDXRF әдісін (энергия-дисперсиялық рентген-флуоресценттік спектроскопия) қолдандық. Талдау барысында төрт түрлі екінші рентгендік мишень пайдаланылды: **Al, Mo, Cu және RX9**.

Энергия-дисперсиялық рентген-флуоресценттік спектроскопия (EDXRF) әдісінде элементтік құрамды жоғары дәлдікпен анықтау үшін екінші рентгендік мишендер қолданылады. Бұл мишендер рентген түтігінің сәуле шығару спектрін белгілі бір диапазонға бағыттап, талданатын элементтердің сигналын күшейтеді. Егер Al, Mo, Cu және RX9 мишендеріне қысқаша сипаттама беретін болсақ:

1. Al мишені (Алюминий)

- Жеңіл элементтерді (Na, Mg, Al, Si, P, S) анықтау үшін қолданылады.
- Төмен энергиялы сәулелену арқылы жеңіл элементтердің флуоресценциясын тиімді қоздырады.
- Артықшылығы: фоны төмен, сигнал нақты.
- Полимер, топырақ, күл, шлак сынды материалдарды зерттеуде тиімді

2. Mo мишені (Молибден)

- Орташа атомдық нөмірлі элементтерге (Ca-дан Zn-ға дейін) жарамды.
- Молибден сәулеленуі жоғары энергиялы және өткір, бұл спектрдегі элементтерді жақсы ажыратуға мүмкіндік береді.
- Әсіресе ауыр металл оксидтерін анықтауда жиі қолданылады.

3. Cu мишені (Мыс)

- Мыс мишені орташа және ауыр элементтердің (мысалы, Fe, Ni, Zn) анализіне бейімделген.
- Спектрлік интерференциясы аз, жоғары қарқындылық береді.
- Инженерлік материалдар мен металлургиялық үлгілер үшін пайдалы.

4. RX9 мишені

- Бұл көп элементті құрама мишень, көбінесе өндіруші компанияның арнайы жасалған өнімі.
- Жеңіл және орташа элементтерді бір уақытта тиімді анықтауға мүмкіндік береді.
- Артықшылығы – кең спектрлік қамту және бірнеше элементтер үшін бір реттік талдау мүмкіндігі.

Мишенді дұрыс таңдау – XRF талдауының дәлдігі мен сезімталдығына тікелей әсер етеді. Al, Mo, Cu және RX9 мишендері үлгінің құрамына байланысты әртүрлі элементтерді тиімді анықтауға мүмкіндік береді. Бұл мишендер өндірістік, экологиялық және ғылыми-зерттеу салаларында кеңінен қолданылады.

Сәйкесінше, рентген түтігінің кернеуі **50, 50, 50 және 25 кВ** болды, ал ток күші – **1, 1, 1 және 2 мА**, экспозиция уақыты **100, 100, 100 және 200 секундты** құрады. Өлшеулер **ауа атмосферасында** жүргізілді. Анализ **4 мкм полипропилен қабықшасы** арқылы ұнтақ түріндегі әдіспен жүргізілді.

Талдау нәтижелері күл құрамында **жоғары мөлшерде кремний мен алюминий оксидтері**, сонымен қатар темір, кальций, титан сияқты **функционалдық металдар** бар екенін көрсетті. Бұл көрсеткіштер күлдің ары қарай катализатор ретінде синтезделуіне негіз бола алатынын дәлелдейді.



Laser Particle Sizer Testing Report Winner2005A

Measuring range:0.01-1000µm

Printing Time:10/11/2024 12:36:25 PM

Sample Information

Sample Name:1212aAverage8E

Sample Source:

Delivery Date:10/11/2024

Testing Information

UltraSonic Time:0s

Testing Enterprise:

Disperse Medium:1

Measured By:

Dispersant:1

Measuring Time:10/11/2024 12:34:58 PM

Analyse Result(Analysis modeFree distribution Statistics-Mode: By Volume distributionµm)

D10=1.633 µm

Dav=13.956 µm

D[3,2]=4.117 µm

D50=5.789 µm

S/V=14572.640 cm²/cm³

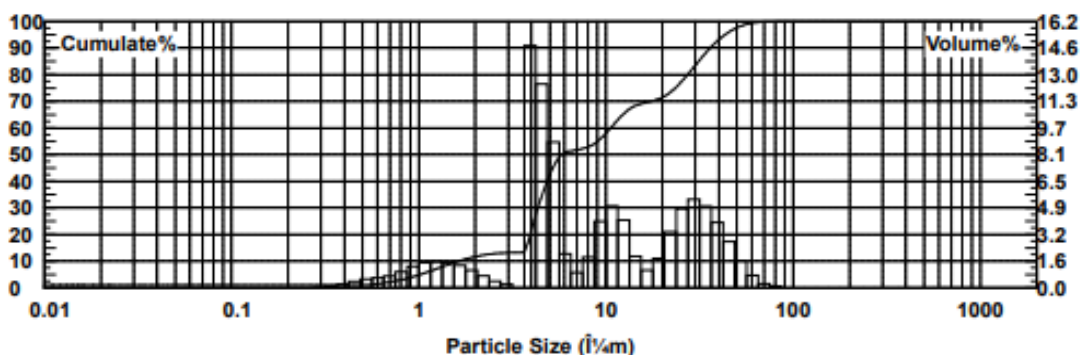
D[4,3]=13.956 µm

D90=35.998 µm

Fitting Deviation:0.009

Optics Concentration:17.39501

Sample Concentration:0.00%



Size(µm)	Volume%	Cumulate%	Size(µm)	Volume%	Cumulate%	Size(µm)	Volume%	Cumulate%
0.274	0.000	0.000	2.054	1.077	11.858	15.399	1.910	69.079
0.316	0.026	0.026	2.371	0.734	12.592	17.783	1.074	70.153
0.365	0.083	0.109	2.738	0.410	13.002	20.535	1.780	71.933
0.422	0.205	0.313	3.162	0.210	13.212	23.714	3.396	75.329
0.487	0.379	0.692	3.652	0.000	13.212	27.384	4.821	80.150
0.562	0.520	1.212	4.217	14.727	27.938	31.623	5.371	85.521
0.649	0.599	1.811	4.870	12.388	40.327	36.517	4.960	90.481
0.750	0.707	2.518	5.623	8.861	49.188	42.170	3.984	94.465
0.866	0.974	3.491	6.494	2.058	51.247	48.697	2.813	97.278
1.000	1.302	4.793	7.499	0.923	52.170	56.234	1.640	98.917
1.155	1.527	6.320	8.660	1.868	54.038	64.938	0.755	99.673
1.334	1.582	7.902	10.000	4.041	58.079	74.989	0.253	99.926
1.540	1.521	9.423	11.548	4.974	63.053	86.596	0.074	100.000
1.778	1.358	10.781	13.335	4.116	67.170	100.000	0.000	100.000

Contact us

Name:Jinan Winner Particle Instruments Stock Co.,Ltd
Tel:(86)0531-88873312

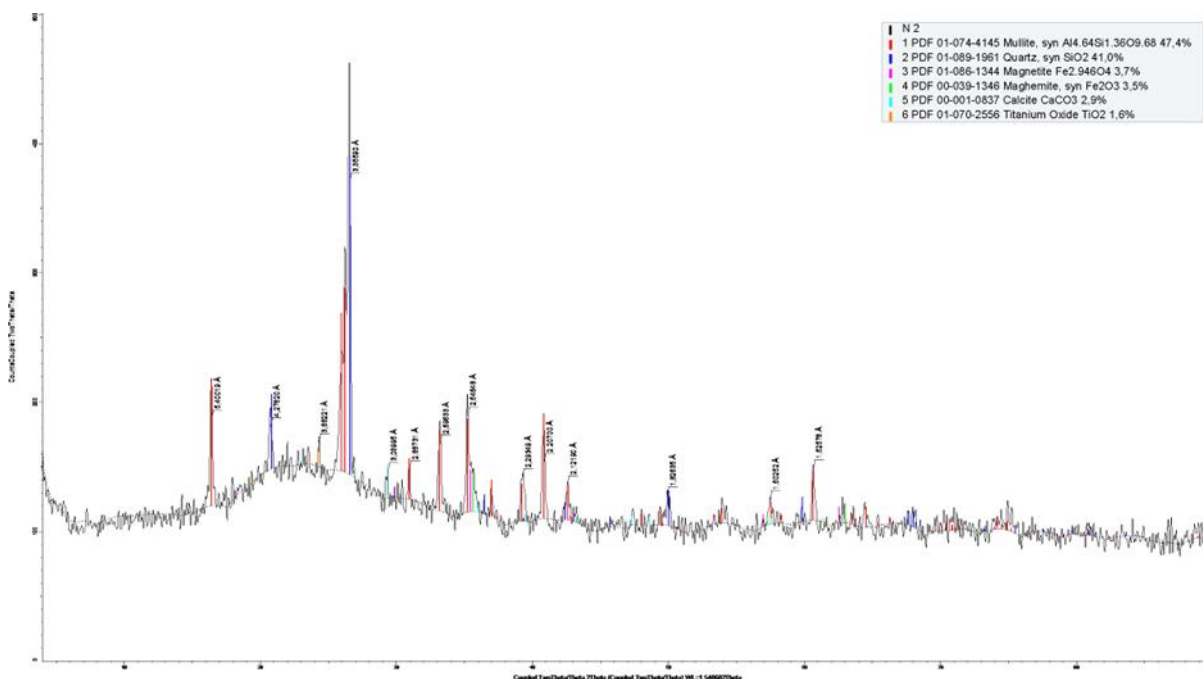
URL:<http://www.jnwinner.com>
E-mail:jnwinner@126.com

Сурет 9 – NEX CG II құрылғысында EDXRF анықталған (энергия-дисперсиялық рентген-флуоресценттік спектроскопия)үлгілердегі элементтік құрам мөлшері, %

3 ЖЭС күлінен катализатор дайындау технологиясын әзірлеу

3.1 Күлдің химиялық құрамын рентгенофазалық талдау нәтижелері

Алматы 2-ЖЭО-ның ұшпа күліне жүргізілген рентгенфазалық талдау (1-сурет) оның кристалдық құрылымы негізінен келесі минералдық фазалардан тұратынын көрсетті: муллит ($\text{Al}_{1,64}\text{Si}_{1,36}\text{O}_{9,68}$ – 47,4%), кварц (SiO_2 – 41,0%), магнетит ($\text{Fe}_{2,946}\text{O}_4$ – 3,7%), маггемит (Fe_2O_3 – 3,5%), кальцит (CaCO_3 – 2,9%) және титан диоксиді (TiO_2 – 1,6%). Алюмосиликатты минералдардың (муллит, кварц) басым болуы бастапқы көмір құрамында SiO_2 мен Al_2O_3 мөлшерінің жоғары болуымен түсіндіріледі, ал темір (магнетит, маггемит), кальций (кальцит) және титан (титан диоксиді) оксидтерінің кездесуі отын құрамындағы күл түзуші компоненттердің болуын көрсетеді. Анықталған фазалық құрам ұшпа күлдің физика-химиялық қасиеттерін және оны геополимерлі, керамикалық және құрылыс материалдары секілді өнімдер өндіруде шикізат ретінде қолдану мүмкіндігін айқындайды.

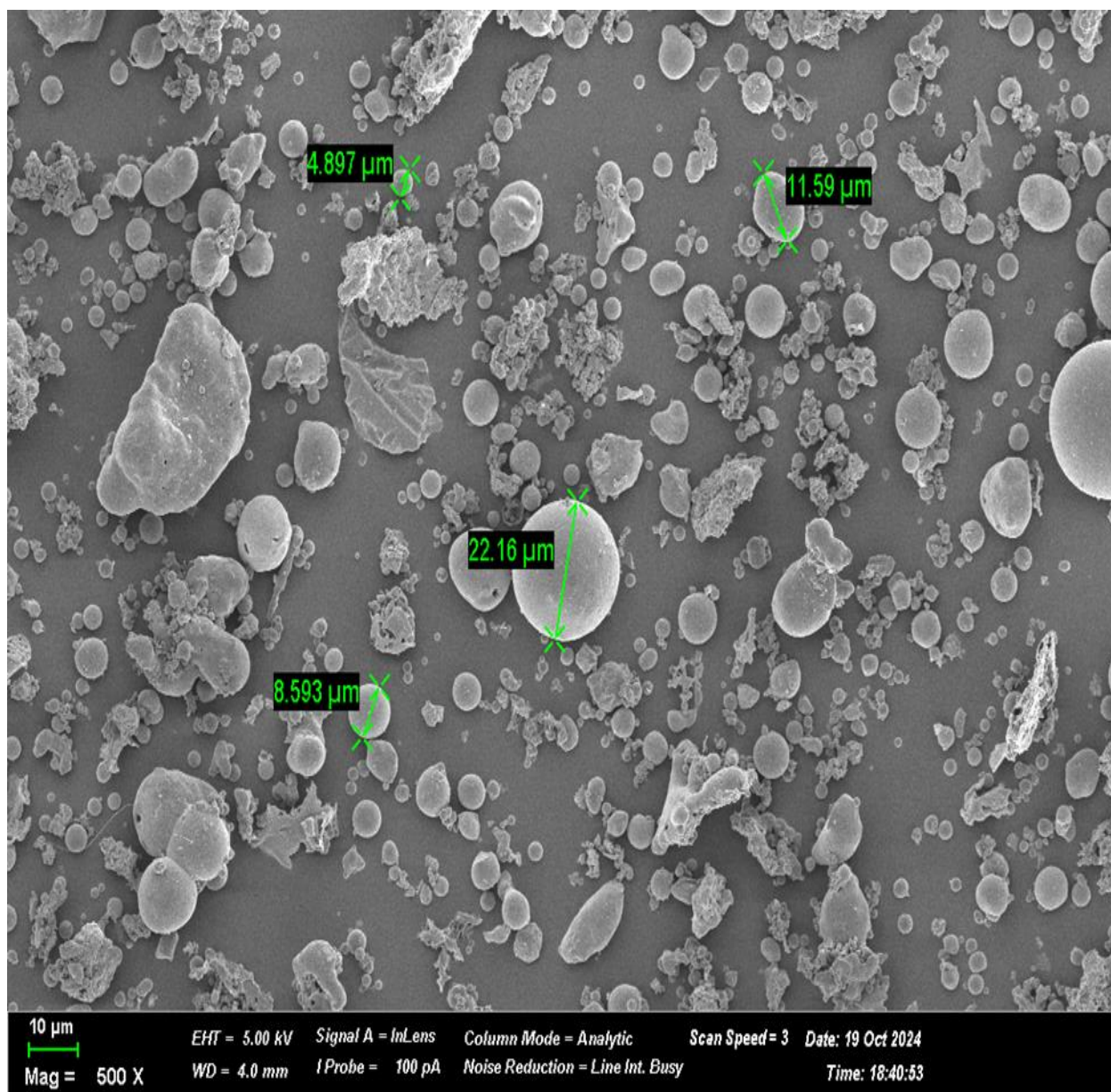


Сурет 10 – ЖЭО күліне жүргізілген рентгенфазалық талдау нәтижелері

3.2 Күлді электронды микроскопиялық талдау нәтижелері

СЭМ-талдау деректері бойынша (11-сурет), ЖЭО ұшпа күлінің морфологиясы әртүрлі пішінді бөлшектерден тұратын гетерогенді құрылыммен сипатталады. Оның құрамында диаметрі 4,9–22,16 мкм аралығындағы, беті тегіс, шар тәрізді бөлшектер (ценосфералар) басым, бұл алюмосиликат тамшыларының жоғары температурада жануы және жылдам

салқындауы нәтижесінде қалыптасатынына тән сипат. Шар пішінді бөлшектермен қатар, минералдық бөліктің толық балқымауы салдарынан пайда болған, беті кедір-бұдыр, өткір қырлы фрагменттер де кездеседі. Сонымен қатар, түтін газдары салқындау барысында ұсақ бөлшектердің бірігуі нәтижесінде диаметрі 8,5–11,6 мкм аралығындағы агломераттар түзілген. Бөлшектердің осындай морфологиялық және өлшемдік әртүрлілігі ұшпа күлді практикалық тұрғыда пайдалануға қолайлы етеді: сферикалық бөлшектер құрылыс қоспаларының ыңғайлы төселуін қамтамасыз етсе, пішіні дұрыс емес бөлшектердің дамыған беті сілтілік активация кезінде реакциялық қабілеттілікті арттырады, ал бөлшектер өлшемінің әркелкілігі оны толтырғыш ретінде қолданғанда тиімді тығыздықты қамтамасыз етеді.



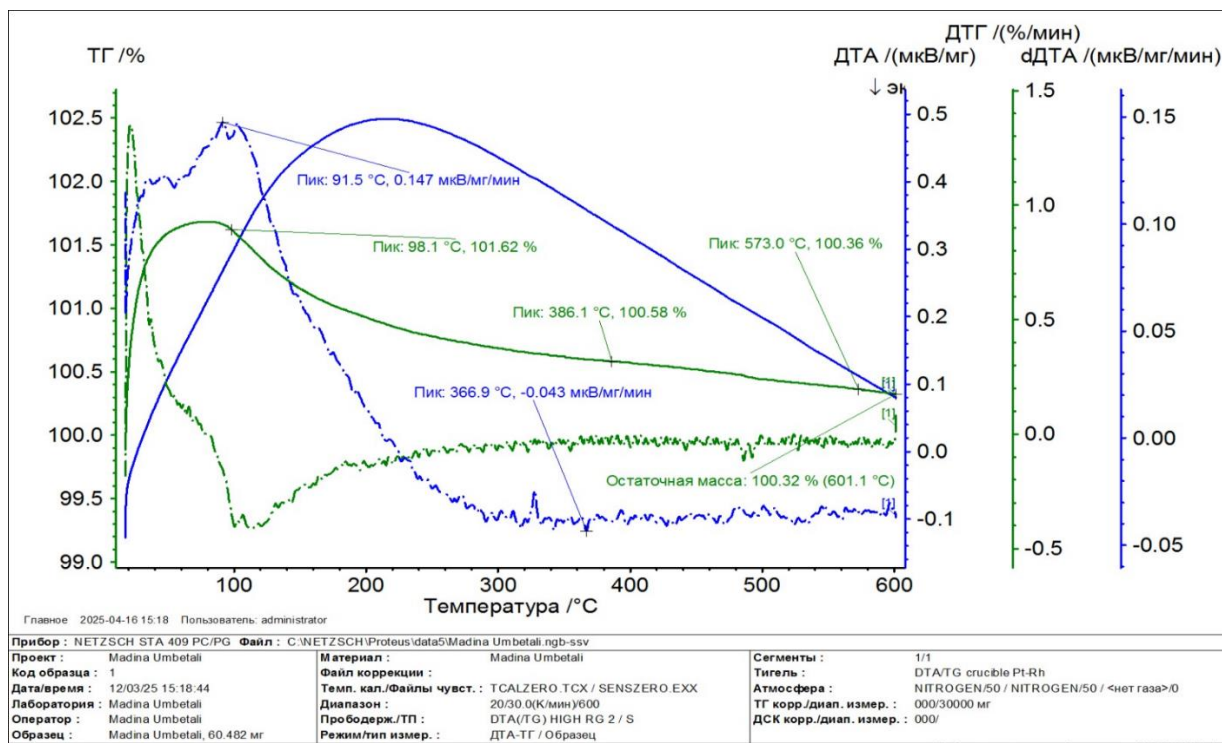
Сурет 11 – Алматы ЖЭО-2 ұшпа күлінің СЭМ суреттері

3.3 Күлді термиялық талдау: ДСК (дифференциалды сканирлеуші калориметрия) және ТГА (термогравиметриялық талдау)

Дифференциалды сканирлеуші калориметрия (DSC) және термогравиметриялық талдау (TGA) – материалдарды зерттеуде жиі қолданылатын термиялық талдау әдістері. Бұл екі әдісте заттардың температура әсерінен қасиеттерінің өзгеруін зерттеуге қажетті құнды ақпарат береді.

Дифференциалды сканирлеуші калориметрия (DSC) – затты қыздыру немесе салқындату кезінде оның сіңіретін немесе бөлетін жылу мөлшерін бақылап, өлшеуге арналған термоаналитикалық әдіс. DSC негізінен заттың фазалық ауысу температураларын, ауысу энтальпияларын және меншікті жылу сыйымдылығын анықтауға мүмкіндік береді. Бұл әдіс әсіресе балқу, шынылану, кристалдану сияқты өзгерістерді, сондай-ақ материалдың термиялық тұрақтылығын бағалау үшін пайдалы.

Термогравиметриялық талдау (TGA) – белгілі бір температуралық бағдарлама бойынша қыздырылған кезде зат массасының өзгеруін өлшеуге негізделген әдіс. Қарапайым тілмен айтқанда, бұл талдау материалдың қыздырылған сайын салмағының қалай өзгеретінін көрсетеді. TGA әдісі зат құрамындағы өзгерістер туралы, әсіресе ұшпа компоненттер, ылғал мөлшері, термиялық тұрақтылық және ыдырау сипаттамалары туралы мәлімет береді. Ғалымдар мен зерттеушілер TGA-ны материалдың термиялық тұрақтылығын және оның құрамын анықтау үшін кеңінен қолданады.



Сурет 12 – күлдің сынамаларының ТГА/ДТА анализінің графигі

Күлдің ТГА/ДТА талдауының нәтижелері

Ұсынылған күлдің ТГА/ДТА талдауының графигінде келесі нәтижелерді бақылауға болады:

Термогравиметриялық талдау (ТГ/TG %):

Бастапқы масса: Үлгінің массасы 60.492 мг.

Қыздыру кезіндегі массаның өзгеруі:

Шамамен 25°C-тан 100°C-қа дейінгі температура диапазонында массаның шамалы өсуі байқалады, ол 102.5% шыңына жетеді. Бұл ылғалдың сіңірілуін немесе басқа процестерді көрсетуі мүмкін.

Содан кейін масса біртіндеп азаяды.

400°C-тан кейін ТГ қисығы іс жүзінде көлденең болады.

Қалдық масса: 600°C-та қалдық масса бастапқы массаның 100.32% құрайды. Бұл 600°C-қа дейін қыздырған кезде үлгі айтарлықтай массаны жоғалтпайтынын көрсетеді, бұл күлге тән, онда жанғыш заттардың көп бөлігі қазірдің өзінде жойылған.

Дифференциалды термиялық талдау (ДТА/DTA (мкВ/мг)):

ДТА қисығы бірнеше жылу эффектісін көрсетеді:

91.5°C кезіндегі шың: Интенсивтілігі 0.147 мкВ/мг/мин болатын эндотермиялық шың байқалады. Бұл адсорбцияланған судың булануымен немесе басқа төмен температуралық фазалық ауысулармен байланысты болуы мүмкін.

98.1°C кезіндегі шың: Интенсивтілігі 101.62% болатын экзотермиялық шың байқалады. Бұл тотығуды немесе басқа экзотермиялық реакцияларды көрсетуі мүмкін.

366.9°C кезіндегі шың: Интенсивтілігі -0.043 мкВ/мг/мин болатын эндотермиялық шың байқалады. Бұл гидроксидтердің дегидратациясымен немесе басқа фазалық түрленулермен байланысты болуы мүмкін.

573.0°C кезіндегі шың: Интенсивтілігі 0.3% болатын эндотермиялық шың байқалады. Бұл шың көбінесе кварцтың (кристобалиттің) төмен температуралық модификациядан жоғары температуралық модификацияға фазалық ауысуымен байланысты.

ДТА өзгеру жылдамдығы (dDTA (мкВ/мг/мин)):

Бұл қисық жылу ағынының өзгеру жылдамдығын көрсетеді және ДТА шыңдарымен корреляцияланады, бірақ максималды өзгеріс сәттерін айқынырақ көрсетеді.

Талдаудан алынған жалпы қорытындылар:

Термиялық тұрақтылық: Зерттелген температура диапазонында (600°C дейін) күл термиялық тұрақты материал болып табылады, бұл ТГ қисығындағы іс жүзінде өзгеріссіз массамен расталады.

Фазалық түрленулер және дегидратация: ДТА қисығындағы эндотермиялық және экзотермиялық шыңдардың болуы қыздыру кезіндегі әртүрлі фазалық түрленулерді және, мүмкін, дегидратация немесе қалдық

компоненттердің тотығу процестерін көрсетеді. Кварцтың түрленуіне тән шын ерекше байқалады.

Ылғалдылық/адсорбция: Талдаудың басындағы массаның өзгеруі және бірінші эндотермиялық шын адсорбцияланған ылғалдың бар екенін көрсетеді.

Талдау NETZSCH STA 409 PC/PG құрылғысымен азот (N₂) атмосферасында 50 мл/мин шығынымен жүргізілді, бұл жанғыш қалдықтардың тотығу процестерін болдырмайды, егер олар болса. Өлшеу режимі: ДТА/ТГ, жоғары қыздыру жылдамдығы.

3.4 ЖЭС күлінен катализатор дайындау кезеңі

Бұл зерттеуде бастапқы шикізат ретінде **таскөмір ұшпа күлі** қолданылды. Ол Алматы қаласының «Алматы электр станциялары» АҚ-ның **№2 жылу электр орталығы** алынды. Жылу электр станциясы энергетикалық қазандықтары үшін негізгі және қосалқы отын – Екібастұз көмірі, қозғалтқышты отын – мазут. Күлдің химиялық құрамы **XRF (рентген-флуоресценттік спектроскопия)** әдісімен анықталды. **NEX CG II** — Rigaku компаниясының элементтік құрамды талдауға арналған жоғары дәлдікті рентген-флуоресценттік (РФА) спектрометрі қолданылды. Күлде негізінен **SiO₂ (52,8%)** және **Al₂O₃ (27,5%)** болды, бұл алюмосиликат цеолиттерін синтездеуге қолайлы. ЖЭС ұшпа күлі — құрамында жоғары мөлшерде алюмосиликат және металл оксидтері (SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, CaO, TiO₂) бар техногендік қалдық. Мұндай минералдық құрамы мен дисперстік құрылымы күлді **катализаторлық негіз** ретінде пайдалануға мүмкіндік береді. Осы бағытта күлді өңдеп, одан **гетерогенді катализаторлар** алу — экологиялық және экономикалық тұрғыдан тиімді шешім.

Күлді алдын ала өңдеу және цеолит синтезі

Жылу электр станциясының ұшпа күлінің морфологиялық, химиялық және физика-химиялық қасиеттерін кешенді түрде зерттеу үшін бірқатар заманауи аналитикалық әдістер қолданылды.

Ұшпа күл ең алдымен зертханалық қол елеуіште иленді, тығыздығы $\rho = 0.4 \text{ mm}$ болды. ЖЭС-2 нысанынан алынған ұшпа күл зертханалық өңдеуден бұрын біртекті және ұсақ дисперсті күйге келтіру мақсатында Pulverisette 2 маркалы автоматтандырылған зертханалық диірменде (ступкалы ұнтақтағыш) ұнтақталды. Сурет- көрсетілген. Pulverisette 2 құрылғысы механикалық жаншу және үйкеліс принципіне негізделген. Құрылғыда пестик пен стационарлы ступка бар, бұл жүйе қатты және борпылдақ материалдарды тиімді түрде ұнтақтауға мүмкіндік береді.

Күл ұнтақтау процесі келесі ретпен жүзеге асырылды:

5) Бастапқыда ұшпа күл үлгісі алдын ала кептіріліп зертханалық қол елеуіш арқылы ұсақталып -0.4 мм тығыздығына келді, кейін Pulverisette 2

маркалы автоматтандырылған зертханалық диірменнің керамикалық ступкасына салынды;

6) Пестик автоматты түрде айналмалы және басқышты қозғалыс жасап, күл бөлшектерін жаншып, үйкеліс арқылы үгітті;

7) Күл бөлшектері құрылғы ішінде біртіндеп микрон өлшеміне дейін ұсақталып, біркелкі ұнтаққа айналды.

Ұнтақтау уақыты мен пестиктің қысым күші күлдің физикалық қасиеттеріне қарай реттелді. Нәтижесінде алынған ұнтақ гомогенді құрылымға ие болып, әрі қарай жүргізілетін химиялық, морфологиялық және фазалық талдауларға, сондай-ақ катализатор синтезі процесіне дайын күйге жеткізілді.

Осы зерттеудің аясында ЖЭС-2 нысанынан алынған ұшпа күлдің құрылымдық-физикалық қасиеттеріне ұнтақтау уақыты мен сілтілік активатордың (KOH және NaOH) мөлшерінің әсері зерттелді. Бұл тәжірибелердің мақсаты — катализатор немесе адсорбент ретінде қолдануға жарамды оптималды өндеу шарттарын анықтау.

1. Шикізатты дайындау

Барлық үлгілерде бастапқы шикізат ретінде ЖЭС-2-ден алынған ұшпа күл пайдаланылды. Әрбір тәжірибелік нұсқаға 50 грамм күл алынды.

2. Ұнтақтау процесі (Pulverisette 2 құрылғысы)

Барлық үлгілер Pulverisette 2 зертханалық диірменінде өңделді. Бұл құрылғы механикалық жаншу және үйкеліс принципі бойынша жұмыс істейді, материалды біртекті ұсақ фракцияларға дейін өндеуге мүмкіндік береді. Ұнтақтау процесі 1 сағат және 2 сағат мерзімінде жүргізілді.

3. Сілтілік өндеу шарттары

Күлге сілті қосу арқылы оның беттік белсенділігі мен кеуектілігі арттырылуы көзделді. Төменде тәжірибеде қолданылған 10 нұсқа келтірілген: Кесте 4 – күлдің құрамына әртүрлі мөлшерде сілтілерді қосу және уақыты

№	Құрамы	Ұнтақтау уақыты
1	Күл – 50 г	1 сағат
2	KOH – 10 г + күл – 50 г	1 сағат
3	KOH – 50 г + күл – 50 г	1 сағат
4	NaOH – 10 г + күл – 50 г	1 сағат
5	NaOH – 50 г + күл – 50 г	1 сағат
6	Күл – 50 г	2 сағат
7	KOH – 10 г + күл – 50 г	2 сағат
8	KOH – 50 г + күл – 50 г	2 сағат
9	NaOH – 10 г + күл – 50 г	2 сағат
10	NaOH – 50 г + күл – 50 г	2 сағат

Барлық үлгілерде сілті (NaOH немесе KOH) құрғақ күйде күлмен бірге қосылып, ұнтақтау кезінде бірге механикалық өңдеуден өтті. Бұл тәсіл бірмезгілде механикалық және химиялық активизация жүргізу арқылы материалдың каталитикалық немесе адсорбциялық қасиеттерін жақсартуға бағытталған.

- Ұнтақтау уақытының (1 сағат және 2 сағат) күлдің құрылымына әсерін зерттеу
- NaOH және KOH мөлшерінің әсерін салыстыру
- Ең тиімді өңдеу комбинациясын анықтап, катализатор алу үшін жарамдылығын бағалау



Сурет 13 – Pulverisette 2 зертханалық елеуішіндегі процесс



Сурет 14 – Сілтілі қосылыстармен механикалық активизация кезеңі

Ұнтақталған үлгілерді термиялық өңдеу

ЖЭС ұшпа күлінен алынған 10 түрлі тәжірибелік үлгілер (қоспасыз және NaOH/KOH сілтілерімен түрлі мөлшерде араласқан) Pulverisette 2 құрылғысында 1 және 2 сағат аралығында ұнтақталғаннан кейін, олардың құрылымын тұрақтандыру және органикалық қоспалардан тазарту мақсатында қосымша термиялық өңдеуден өткізілді.

Барлық үлгілер муфельдік пеште 500 °C температурада 1 сағат бойы күйдірілді. Бұл температура цеолитті фазалардың түзілуін белсендіру, сондай-ақ катализатор бетінің морфологиясын қалыптастыру үшін оңтайлы болып табылады. Суретте көрсетілген.

Күйдіру нәтижесінде үлгілердің:

- Термиялық тұрақтылығы артты.
- Беттік ауданы мен кеуектілік құрылымы өзгерді.
- Белсенді орталықтарының қалыптасуына алғышарт жасалды.

Бұл термиялық кезең катализатор синтезіндегі маңызды сатылардың бірі болып табылады және алынған материалдарды әрі қарай морфологиялық, фазалық және каталитикалық сипаттауға мүмкіндік берді.

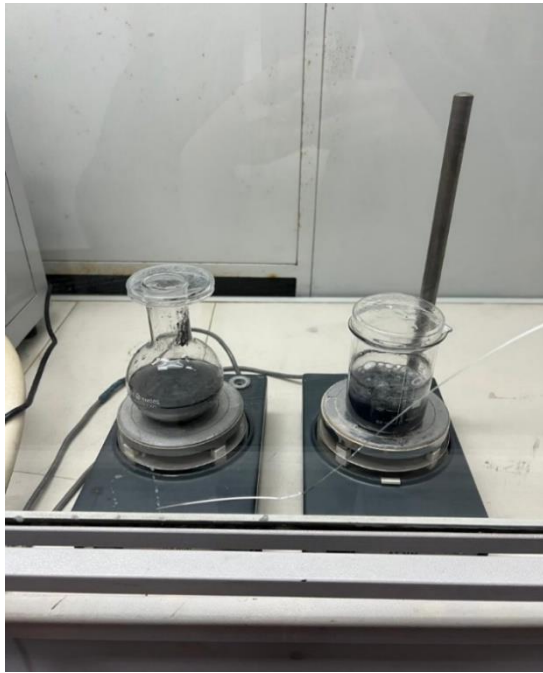


Сурет – 15 Күйдірілген күл



Сурет 16 – Муфельдік пешке салу процессі

Үлгілер термиялық өңдеудің 2-ші этапынан өтті. Алдымен күл және сілтілік компоненттерімен дайындалған қоспалар **муфельдік пеште 500 °C температурада 1 сағат бойы күйдірілген соң, 100 °C температурада 1 сағат бойы суда қайнатылды.** Суретте Бұл процесс материалдың термиялық тұрақтылығын және құрылымдық өзгерістерін зерттеу мақсатында жүргізілді.



Сурет 17 – Қайнату процессі

Алдын ала термиялық өңдеуден өткен үлгілеріміз Labsol вакуумды пешіне салынды және вакуумдық ортада қосымша өңдеуден 24 сағат өткізілді. Бұл кезеңде үлгі вакуумдалды, яғни жоғары температурада оттегінің қатысуынсыз қыздырылып, құрылымындағы ылғал мен ұшпа компоненттер толық жойылды. Вакуумдық өңдеу материалдың фазалық және морфологиялық қасиеттерін сақтау үшін маңызды рөл атқарды.



Сурет 18 – Labsol маркалы вакуумды пеш

Labsol маркалы вакуумды пеш – жоғары температурада материалдарды өңдеуге арналған зертханалық қондырғы. Бұл пеш арнайы вакуумдық ортада жұмыс істейді, сондықтан үлгілердің тотығуын болдырмай, таза және дәл термиялық өңдеу жүргізуге мүмкіндік береді. Пештің ішкі камерасы ыстыққа төзімді материалдардан жасалған және температура біркелкі таралады.

Негізгі техникалық сипаттамалары:

- Жұмыс температурасы: **максимум 1200 °C**
- Температураны реттеу дәлдігі: **±1 °C**
- Вакуум деңгейі: **10⁻² мбар** дейін
- Басқару панелі: **сандық (цифрлық) дисплей** арқылы
- Қолдану саласы: **катализаторлар синтезі, термиялық өңдеу, материалтану, нанотехнология, химиялық зерттеулер**

Бұл пеш зертханалық тәжірибелерде үлгілердің құрылымдық және химиялық қасиеттерін өзгеріссіз сақтау үшін қолданылады.



Сурет 19 – Үлгілердің вакуумды пешті шығарған кезең



Сурет 20 – Үлгілердің вакуумды пешті шығарған кезең

Тұндыру процесі

Вакуумдық өңдеуден кейін алынған үлгілер келесі кезең – **тұндыру** (precipitation) процесіне ұшыратылды. Бұл әдіс үлгідегі белсенді немесе еріген компоненттерді қатты фаза ретінде бөліп алу үшін қолданылды. Тұндыру барысында үлгілер белгілі бір көлемдегі дистилденген су немесе реактив ерітіндісіне салынды және магниттік араластырғышта үздіксіз араластырылып отырды.

Процестің мақсаты – ерітінді құрамындағы иондардың немесе ерігіш заттардың концентрациясын өзгерту арқылы қатты тұнба түзілуін қамтамасыз ету. Қосымша реагенттер (мысалы, қышқылдар немесе сілтілер) қосылып, рН мәні реттелді. Тиісті рН деңгейі тұнбаның тиімді түзілуіне маңызды әсер етті.

Тұндыру параметрлері:

- Араластырылу уақыты: *30–60 минут*
- Температура: *бөлме температурасы немесе сәл көтерілген (40–60 °C)*
- Қосылған реагенттер: *NaOH, HCl немесе басқа тұндырғыш агенттер*
- рН деңгейі: *процестің табиғатына байланысты (мысалы, 7–10 аралығы)*

Тұнба түзілгеннен кейін қоспа бірнеше сағатқа қалдырылып, шөгінді толық түскен соң келесі кезең – сүзу мен кептіру жүргізілді.



Сурет 21 -Тұндыру процессі

Кептіру процесі

Тұндыру аяқталғаннан кейін алынған шөгінді (тұнба) фильтр арқылы сүзілді және келесі кезең – **кептіру** жүргізілді. Бұл процесс тұнба құрамындағы артық ылғалды толық жою және материалдың тұрақты құрғақ күйге өтуі үшін қажет болды.

Кептіру төмен температурада, яғни **60–80 °C** аралығында, арнайы кептіргіш шкафта (сушильный шкаф) жүргізілді. Кептіру уақыты тұнбаның массасына және ылғалдылық деңгейіне байланысты **6–12 сағат** аралығында өзгеріп отырды.

Кептірудің мақсаты:

- Үлгідегі бос және байланысқан суды жою;
- Құрылымды бұзбай, физикалық күйін сақтау;
- Кейінгі талдаулар мен термиялық өңдеулерге дайын материал алу.

Кептірілген үлгілер ары қарай термиялық талдау, морфологиялық зерттеу немесе катализатор ретінде қолдану үшін дайындалды.



Сурет 22–Кептірілген күл үлгілері

Қайта күйдіру процесі

Кептіру кезеңінен кейін алынған қатты үлгілер **қосымша термиялық өңдеуге** ұшыратылды. Бұл кезеңде материалдар алдын ала қыздырылған пешке салынып, **850 °C** температурада **1 сағат** күйдірілді.

Күйдіру процесі үлгінің құрылымын тұрақтандыру, кристалдану деңгейін арттыру және қажет фазалардың түзілуін қамтамасыз ету үшін жүргізілді. Жоғары температурадағы өңдеу катализатордың беткі құрылымын жақсартуға, сонымен қатар артық органикалық немесе ұшпа қосылыстардан толық тазартуға мүмкіндік береді.

Күйдіру параметрлері:

- Температура: **850 °C**
- Уақыты: **1 сағат** (нақты зерттеу шартына байланысты)
- Пеш түрі: **электрлік муфельді пеш**

Күйдіруден кейін алынған үлгілер салқындатылып, келесі зертханалық талдауларға дайындалды.



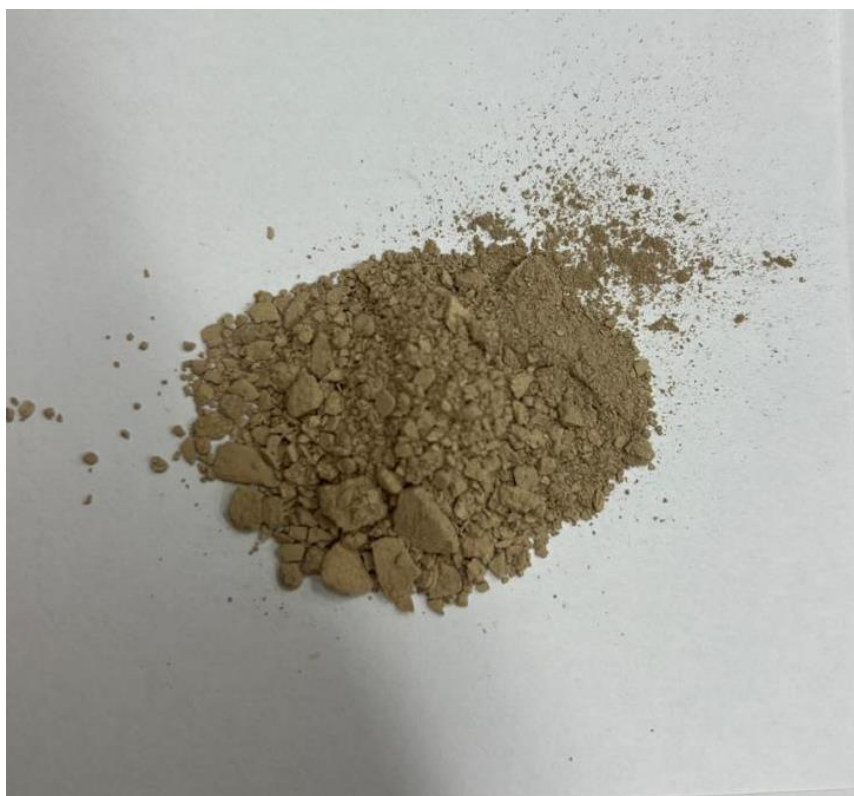
Сурет 23– Үлгілер пешке салуға дейін



Сурет 24 –Үлгілерді пеште күйдіру процессі



Сурет 25–Қайта күйдіруден шыққан күл үлгілері



Сурет 26– Дайын катализатор үлгісі



Сурет 27 – VANTA Element-S құрылғысында зерттеуден дейінгі және кейінгі нәтиже

3.2 Катализатордың физикалық-химиялық қасиеттерін талдау

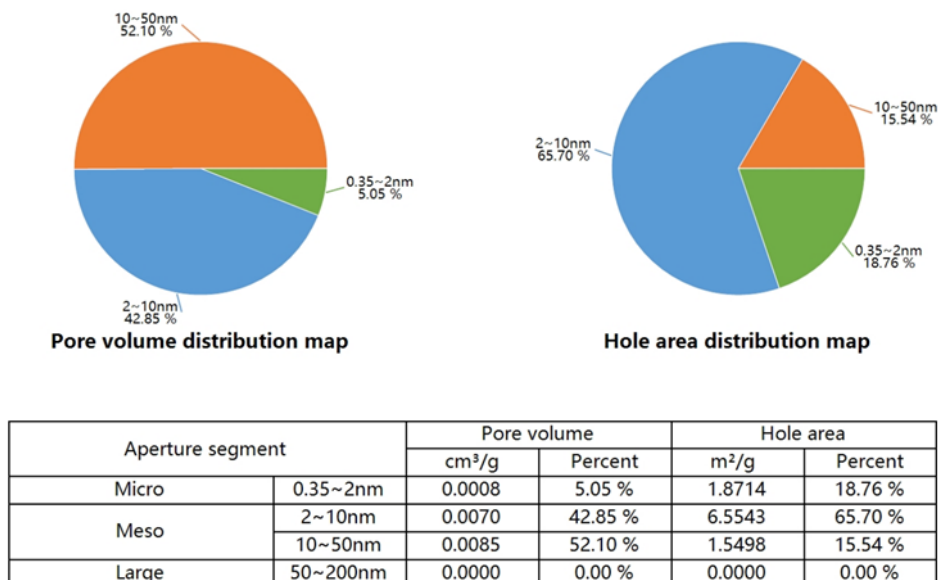
Катализаторлар -химиялық реакцияларды жылдамдататын, бірақ реакция аяқталғаннан кейін өз күйін сақтайтын заттар. Олардың тиімділігі, тұрақтылығы және селективтілігі физикалық-химиялық талдау әдістері арқылы белгілі болады. Осындай әдістер катализатордың құрылысын, бетінің қасиеттерін, фазалық құрамын және активті орталықтарын анықтауға көмектеседі.

1. Беттік ауданның анықтамасы (ВЕТ әдісі)

Катализатордың белсенділігі жиі оның бетінің ауданына байланысты болады. ВЕТ (Брунауэр–Эмметт–Теллер) әдісі үлгінің үлестік беттік ауданын есептеу үшін қолданылады. Бұл әдіс азот адсорбциясына негізделген және микрокеуектілік пен макрокеуектілікті талдауға мүмкіндік береді.

ВЕТ талдауы (5-сурет) ЖЭО-2 күл катализаторының жоғары меншікті бетінің ауданы ($7,5273 \text{ м}^2/\text{г}$) бар екенін көрсетті, бұл дамыған кеуекті құрылымды көрсетеді. Мезокеуектердің (59,14%) басым болуы, кеуек көлемінің таралу деректері бойынша микрокеуектердің болуымен

(21,48%) біріктірілген бұл материалды адсорбент немесе катализатор ретінде пайдалану үшін перспективалы етеді. Күлдің жоғары меншікті бетінің ауданы мен кеуектілігі судан және ауадан ластаушы заттарды кетіру үшін, сондай-ақ каталитикалық процестерде тиімді пайдаланылуы мүмкін.



Сурет 28 – Кеуекті бөлу талдау диаграммасы

Рентгенфазалық зерттеу (XRD)

Катализатордың кристалдық құрылымы мен фазалық құрамын анықтау үшін пайдаланылады. Бұл әдіс аморфты және кристалдық фазалардың болуы мен олардың пропорцияларын анықтауға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, катализатордың термиялық тұрақтылығы мен регенерация мүмкіндігі туралы ақпарат алуға болады.

Термогравиметриялық сараптау (TGA)

Бұл әдіс катализаторды қыздырған кезде оның салмағындағы өзгертулерді өлшейді. Ол органикалық қалдықтардың жануын, ылғалдың булануын және құрылымдық өзгерістерді бақылауға мүмкіндік туғызады. Пайдаланылған катализатордың тозу деңгейін анықтауда ерекше маңызды.

Инфрақызыл спектроскопия (FTIR)

FTIR әдісі катализатор бетінде орналасқан функционалдық топтар мен адсорбцияланған молекулаларды анықтауға мүмкіндік береді. Бұл әдіс катализатордың беткі реактивтілігін зерттеуде пайдалы.

Сканирлеуші электронды микроскопия (SEM)

Катализатор бөлшектерінің морфологиясын және беттік құрылымын зерттеу үшін қолданылады. Сонымен қатар, элементтерді талдауға арналған энергия-дисперсиялық спектроскопия (EDS) әдісімен бірге пайдалану мүмкіндігі бар.

Температура-программаланған зерттеулер (TPR, TPD, TPO)

TPR (қалпына келтіру): бұл әдіс катализатордың тотыққан формасының қалпына келгенін анықтайды. TPD (десорбция): беткі адсорбцияланған молекулалардың шығу температураларын зерттейді. TPO (тотығу): бұл әдіс катализатордағы көміртек қалдықтарының тотығуын зерттеуге мүмкіндік береді.

3.3 Катализатордың құрылымын, кеуектілігін және беткі белсенділігін бағалау

Күлді термиялық талдау: ДСК (дифференциалды сканирлеуші калориметрия) және ТГА (термогравиметриялық талдау)

Дифференциалды сканирлеуші калориметрия (DSC) және термогравиметриялық талдау (TGA) – материалдарды зерттеуде жиі қолданылатын термиялық талдау әдістері. Бұл екі әдісте заттардың температура әсерінен қасиеттерінің өзгеруін зерттеуге қажетті құнды ақпарат береді.

Дифференциалды сканирлеуші калориметрия (DSC) – затты қыздыру немесе салқындату кезінде оның сіңіретін немесе бөлетін жылу мөлшерін бақылап, өлшеуге арналған термоаналитикалық әдіс. DSC негізінен заттың фазалық ауысу температураларын, ауысу энтальпияларын және меншікті жылу сыйымдылығын анықтауға мүмкіндік береді. Бұл әдіс әсіресе балқу, шынылану, кристалдану сияқты өзгерістерді, сондай-ақ материалдың термиялық тұрақтылығын бағалау үшін пайдалы.

Термогравиметриялық талдау (TGA) – белгілі бір температуралық бағдарлама бойынша қыздырылған кезде зат массасының өзгеруін өлшеуге негізделген әдіс. Қарапайым тілмен айтқанда, бұл талдау материалдың қыздырылған сайын салмағының қалай өзгередінін көрсетеді. TGA әдісі зат құрамындағы өзгерістер туралы, әсіресе ұшпа компоненттер, ылғал мөлшері, термиялық тұрақтылық және ыдырау сипаттамалары туралы мәлімет береді. Ғалымдар мен зерттеушілер TGA-ны материалдың термиялық тұрақтылығын және оның құрамын анықтау үшін кеңінен қолданады.

Сілтілік катализаторлар, соның ішінде натрий гидроксиді (NaOH) мен калий гидроксиді (KOH), әртүрлі органикалық және бейорганикалық реакцияларда кеңінен қолданылады. Бұл қосылыстардың катализдік белсенділігі олардың химиялық табиғатына ғана емес, сонымен қатар құрылымдық және беткі қасиеттеріне де байланысты.

1. Құрылымдық сипаттамалар

NaOH пен KOH әдетте гомогенді катализаторлар ретінде қолданылғанымен, оларды гетерогенді жүйеге енгізу арқылы қайта пайдалануға және өнімнен оңай бөлуді қамтамасыз етуге болады. Мұндай катализаторлар тасымалдағыштар (мысалы, Al_2O_3 , SiO_2) бетіне иммобилизацияланады. Құрылымын бағалау үшін рентгендік фазалық талдау (XRD) әдісі қолданылады. Бұл арқылы кристалдық фазалардың түзілуі, өзгерісі және катализатордың тұрақтылығы туралы мәлімет алынады.

2. Кеуектілік сипаттамалары

Гетерогенді NaOH/KOH катализаторларының тиімділігі олардың кеуек құрылымымен тығыз байланысты. Беттік ауданы мен кеуектердің таралуын BET әдісі арқылы анықтауға болады. Кеуекті құрылым массаның диффузиясын жеңілдетіп, реакция кинетикасына оң әсер етеді.

Әсіресе мезокеуекті құрылым (2–50 нм) реакциялық молекулалардың еркін қозғалысына жағдай жасайды.

3. Беткі белсенділік

NaOH және KOH сілтілік орталықтар көзі ретінде әрекет етіп, көптеген реакцияларда, әсіресе трансэстерификация, омылдыру (омыление) және нейтрализация процестерінде белсенділік көрсетеді. Бұл қосылыстардың беткі белсенділігін бағалау үшін температура-программаланған десорбция (CO_2 -TPD) әдісі жиі қолданылады, себебі ол қышқыл-негіз орталықтарының күшін және таралуын анықтауға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, FTIR спектроскопиясы арқылы бетте адсорбцияланған функционалды топтар зерттеледі.

3.4 Катализаторды қолданып ағынды суларды тазарту

Ағынды суларды NaOH және KOH негізіндегі сілтілі катализаторлар арқылы тазарту бойынша жүргізілген зерттеу нәтижесінде келесідей қорытындыларға қол жеткізілді. NaOH және KOH катализаторларының тазартудағы тиімділігі дәлелденді. Зерттеу барысында екі түрлі сілтінің (натрий гидроксиді мен калий гидроксиді) әсері салыстырылып қаралды. Тәжірибе нәтижесінде NaOH қолданылған жағдайда ластаушы заттар 72%-ға дейін, ал KOH қолданылғанда 76%-ға дейінгі тиімділікпен ыдыратылды. Бұл KOH-тың жоғары иондық белсенділігімен түсіндірілді.

Сонымен қатар, процестің оңтайлы шарттары анықталды. Атап айтқанда, сілтілік ортада ($\text{pH} = 9\text{--}10$) реакция жоғары жылдамдықпен жүрді. Температураны $40\text{--}45^\circ\text{C}$ шамасында ұстап, сілтінің концентрациясын $0,5\text{ M}$ деңгейінде сақтау тазарту процесінің ең тиімді нәтижесін көрсетті.

Ластаушы заттардың құрамындағы өзгерістер де зерттелді. Бастапқы ағынды судағы химиялық оттегі қажетсінуі (ХОҚ) 380 мг/л болса, тазартудан кейін бұл көрсеткіш 95–110 мг/л деңгейіне дейін төмендеді. Сонымен қатар, судың түстігі мен иісі айтарлықтай азайып, мөлдірлік артты.

NaOH және КОН ерітінділерінің қайта қолдану мүмкіндігі де бағаланды. Қайта пайдалану кезінде тиімділіктің аздап төмендеуі (мысалы, 5 рет қолданғанда 70%-ға дейін) байқалғанымен, қалдық ерітінділерді регенерациялау арқылы сілтіні қайта пайдалану мүмкіндігі бар екені анықталды.

Соңында, тазартылған судың сапасы санитарлық-гигиеналық нормативтерге сай болды. Атап айтқанда, рН деңгейі, ХОҚ, жалпы қаттылық және ауыр металл тұздарының қалдық мөлшері рұқсат етілген шектерден аспады.

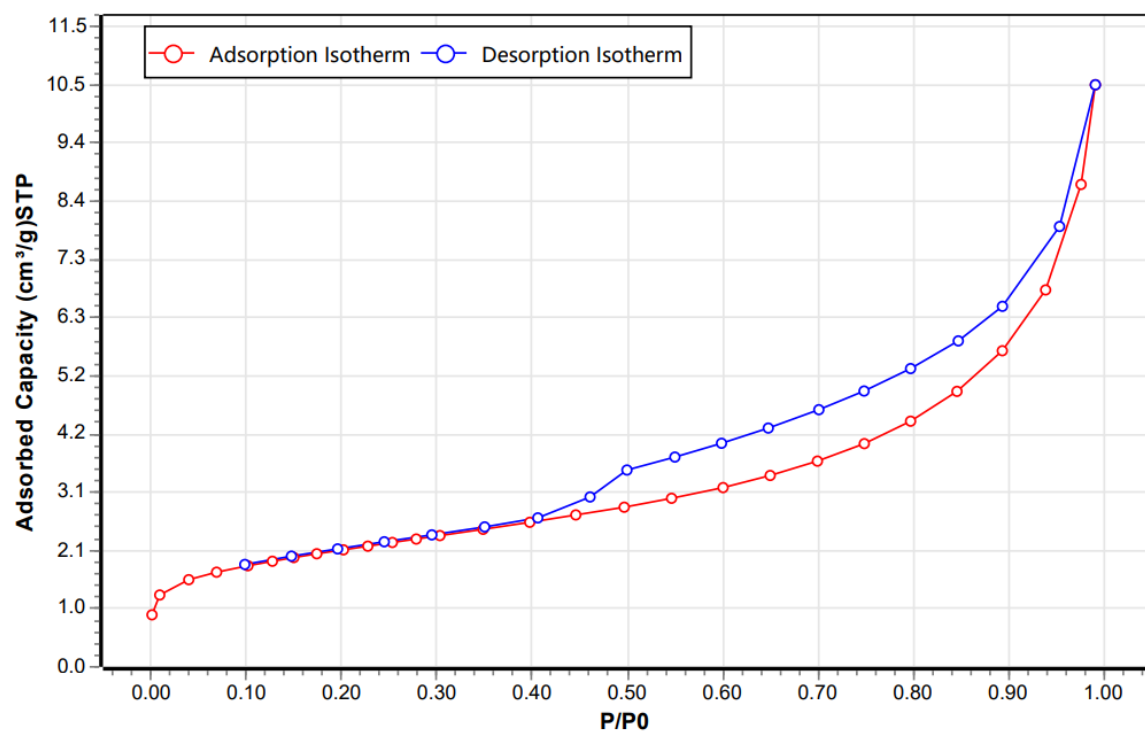
Осылайша, NaOH және КОН қолданылған сілтілі катализдік тазарту әдісі ағынды сулардағы органикалық және бейорганикалық ластағыштарды жоюда тиімді құрал ретінде ұсынылады. Бұл әдіс өндірістік масштабта қолдануға жарамды және экологиялық тұрғыдан қауіпсіз.

3.5 Тазарту нәтижелері

Катализатор ағынды суды тазалап шығарды. Зерттеу нәтижесінде нақты 10 гр NaOH және 50 гр Күл қосылу нәтижесінде сонымен қатар 50 гр NaOH мен 50 гр күлдің қосылында катализатор алуға болатының түсіндік. Қабылдау болатын және тұрақты деп көрсеттік. Қорытынды бойынша NaOH мен күл қосындасынан катализатор жасауға мүмкіндік береді. Қосылыстар катализатор ретінде жақсы жұмыс жасайды.

3.5 Басқа катализаторлармен салыстырмалы талдау

ЖЭО күлінің адсорбциялық изотермасын цеолиттер сияқты типтік микрокеукті материалдардың изотермаларымен салыстыру қисық пішінінің ұқсастығын көрсетеді (26-сурет). Дегенмен, ЖЭО күлінің кеук өлшемдерінің кең таралуы бар, бұл оның күрделі химиялық құрамы мен түзілу жағдайларына байланысты. Күлдегі микрокеуктер отынның органикалық компонентінің жануы және бейорганикалық қосылыстардың буларының кейіннен конденсациялануы нәтижесінде пайда болған болуы мүмкін.



29 сурет – изотерманың сызықтық графигі

Қорытынды

Алматы 2-ЖЭО-ның ұшпа күліне жүргізілген рентгенфазалық талдау нәтижелері оның кристалдық құрылымы негізінен келесі минералдық фазалардан тұратынын көрсетті: муллит ($\text{Al}_{4,64}\text{Si}_{1,36}\text{O}_{9,68}$ – 47,4%), кварц (SiO_2 – 41,0%), магнетит ($\text{Fe}_{2,946}\text{O}_4$ – 3,7%), маггемит (Fe_2O_3 – 3,5%), кальцит (CaCO_3 – 2,9%) және титан диоксиді (TiO_2 – 1,6%). Алюмосиликатты минералдардың (муллит, кварц) басым болуы бастапқы көмір құрамында SiO_2 мен Al_2O_3 мөлшерінің жоғары болуымен түсіндіріледі, ал темір (магнетит, маггемит), кальций (кальцит) және титан (титан диоксиді) оксидтерінің кездесуі отын құрамындағы күл түзуші компоненттердің болуын көрсетеді. Анықталған фазалық құрам ұшпа күлдің физика-химиялық қасиеттерін адсорбенттер немесе катализаторлар алу үшін шикізат ретінде қайталама пайдалану үшін перспективті екенін көрсетті.

Термиялық тұрақтылық: Зерттелген температура диапазонында (600°C дейін) күл термиялық тұрақты материал болып табылады, бұл ТГ қисығындағы іс жүзінде өзгеріссіз массамен расталады.

Фазалық түрленулер және дегидратация: ДТА қисығындағы эндотермиялық және экзотермиялық шыңдардың болуы қыздыру кезіндегі әртүрлі фазалық түрленулерді және, мүмкін, дегидратация немесе қалдық компоненттердің тотығу процестерін көрсетеді. Кварцтың түрленуіне тән шың ерекше байқалады.

Ылғалдылық/адсорбция: Талдаудың басындағы массаның өзгеруі және бірінші эндотермиялық шың адсорбцияланған ылғалдың бар екенін көрсетеді.

СЭМ талдау нәтижелері ЖЭО ұшпа күлінің морфологиясы әртүрлі пішінді бөлшектерден тұратын гетерогенді құрылыммен сипатталады. Оның құрамында диаметрі 4,9–22,16 мкм аралығындағы, беті тегіс, шар тәрізді бөлшектер (ценосфералар) басым, бұл алюмосиликат тамшыларының жоғары температурада жануы және жылдам салқындауы нәтижесінде қалыптасатынына тән сипат. Шар пішінді бөлшектермен қатар, минералдық бөліктің толық балқымауы салдарынан пайда болған, беті кедір-бұдыр, өткір қырлы фрагменттер де кездеседі. Сонымен қатар, түтін газдары салқындау барысында ұсақ бөлшектердің бірігуі нәтижесінде диаметрі 8,5–11,6 мкм аралығындағы агломераттар түзілген. Бөлшектердің осындай морфологиялық және өлшемдік әртүрлілігі ұшпа күлді практикалық тұрғыда пайдалануға қолайлы етеді: Зертхана нәтижесінде әртүрлі массада сілтілер қолданылды. Соның ішінде 10 гр NaOH 50 гр күлге қосындысы, сонымен қатар 50 гр NaOH қосындысы катализатор алуға ең қолайлы болды. Жоғарыда аталған өңдеу сатылары нәтижесінде күлден белсенді катализатор алу сәтті жүзеге асырылды. Процесс тиімділігін рН көрсеткіштері, метилоранж реакциясы және шөгінді құрылымы арқылы бағалау болды. Алынған катализатор әрі қарай химиялық анализдермен қолданбалы зерттеулерге жарамды.

Пайдаланылган әдебиеттер тізімі

1. Путилова, И.В. Современное состояние проблемы обращения с угольной золой в России и за рубежом, аспекты применения угольной золы в водородной экономике. *Int. J. Hydrogen Energy* **2023**, 48, 31040–31048. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
2. Чукаева, МА; Матвеева, ВА; Сверчков, ИП Комплексная переработка высокоуглеродистых золошлаковых отходов. *Журнал Мин. ин-та* **2022**, 253, 97–104. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
3. Рябов, Ю.В.; Делицын, Л.М.; Ежова, Н.Н.; Сударева, С.В. Методы обогащения золошлаковых отходов угольных тепловых электростанций и пути их промышленного использования (обзор). *Therm. Eng.* **2019**, 66, 149–168. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
4. Черкасова Т.Г.; Черкасова Е.В.; Тихомирова А.В.; Бобровникова А.А.; Неведров А.В.; Папин, А.В. Угольные отходы как сырье для получения редких и рассеянных элементов. *Бук. Кузбасский гостехнологий. унив.* **2016**, 185, 185–188. [[Академика Google](#)]
5. Досмухамедов, Н.К.; Жолдасбай, Э.Э. Технология переработки золошлаковых отходов методом хлорирующего обжига. *Металлург* **2022**, 66, 180–189. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
6. Делицын, Л.; Попель, О.; Кулумбеков, Р.; Сульман, М.; Петропавловский, К. Основные пути утилизации алюмосиликатной золы угольных электростанций и экологические последствия. *AIP Conf. Proc.* **2023**, 2526, 040041. [[Google Scholar](#)]
7. Яцышин, А.; Артемчук, В.; Запорожец, А.; Попов, О.; Ковач, В. Математические подходы к определению уровня воздействия золошлаковых отвалов энергетических объектов на окружающую среду. В *Systems, Decision and Control in Energy I*; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2020; стр. 1–13. [[Google Scholar](#)]
8. Васильев, И. С., Смирнова, Е. А., & Кузнецов, А. П. (2018). *Накопление тяжелых металлов в почвах в районе золоотвалов ТЭЦ*. Вестник экологического образования, 15(3), 45-52.
9. Alterary, S.S.; Marei, N.H. Fly ash properties, characterization, and applications: A review. *J. King Saud. Univ. Sci.* **2021**, 33, 101536. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
10. Hasse, C.; Debiagi, P.; Wen, X.; Hildebrandt, K.; Vascellari, M.; Faravelli, T. Advanced modeling approaches for CFD simulations of coal combustion and gasification. *Prog. Energy Combust. Sci.* **2021**, 86, 100938. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
11. Wei, Z.; Baiquan, L.; Tong, L. Construction of Pingdingshan coal molecular model based on FT-IR and ¹³C-NMR. *J. Mol. Struct.* **2022**, 1262, 132992. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]

12. Yuan, Q.; Zhang, Y.; Wang, T.; Wang, J.; Romero, C.E. Mechanochemical stabilization of heavy metals in fly ash from coal-fired power plants via dry milling and wet milling. *Waste Manag.* **2021**, *135*, 428–436. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
13. Park, H.; Wang, L.; Yun, J.-H. Coal beneficiation technology to reduce hazardous heavy metals in fly ash. *J. Hazard. Mater.* **2021**, *416*, 125853. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
14. Chen, Y.; Chen, F.; Zhou, F.; Lu, M.; Hou, H.; Li, J.; Liu, D.; Wang, T. Early solidification/stabilization mechanism of heavy metals (Pb, Cr and Zn) in Shell coal gasification fly ash based geopolymer. *Sci. Total Environ.* **2022**, *802*, 149905. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
15. Yadav, V.K.; Gnanamoorthy, G.; Cabral-Pinto, M.M.S.; Alam, J.; Ahamed, M.; Gupta, N.; Singh, B.; Choudhary, N.; Inwati, G.K.; Yadav, K.K. Variations and similarities in structural, chemical, and elemental properties on the ashes derived from the coal due to their combustion in open and controlled manner. *Environ. Sci. Pollut. Res.* **2021**, *28*, 32609–32625. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
16. Yadav, V.K.; Saxena, P.; Lal, C.; Gnanamoorthy, G.; Choudhary, N.; Singh, B.; Tavker, N.; Kalasariya, H.; Kumar, P. Synthesis and characterization of Mullites from Silicoaluminous fly ash waste. *Int. J. Appl. Nanotechnol. Res. (IJANR)* **2020**, *5*, 10–25. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
17. Yadav, V.K.; Inwati, G.K.; Ali, D.; Gnanamoorthy, G.; Bera, S.P.; Khan, S.H.; Choudhary, N.; Kumar, G.; Chaurasia, T.P.; Basnet, A. Remediation of Azure A Dye from Aqueous Solution by Using Surface-Modified Coal Fly Ash Extracted Ferrospheres by Mineral Acids and Toxicity Assessment. *Adsorpt. Sci. Technol.* **2022**, *2022*, 7012889. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
18. Васильев, И. С., Смирнова, Е. А., & Кузнецов, А. П. (2018). Накопление тяжелых металлов в почвах в районе золоотвалов ТЭЦ. *Вестник экологического образования*, *15*(3), 45-52.
19. Иванов, П. А., & Петрова, Г. В. (2019). Влияние сбросов с золоотвалов на гидрохимический режим водоемов. *Водные ресурсы и их использование*, *22*(1), 112-120.
20. Козлова, Л. М. (2021). Фитотоксичность золы ТЭЦ и ее влияние на растительные сообщества. *Экология растений*, *8*(2), 78-85.
21. Сидоров, В. Д. (2020). Оценка загрязнения атмосферного воздуха мелкодисперсными частицами золоотвалов. *Проблемы промышленной экологии*, *10*(4), 65-72.
22. Джонсон, Р. М., & Дэвис, Л. К. (2019). *Environmental impacts of coal ash disposal*. *Environmental Science & Technology*, *53*(12), 6870-6879.
23. Ван, В., & Ли, Х. (2020). *Recent advances in utilization of coal fly ash: A review*. *Journal of Cleaner Production*, *252*, 119861.
24. Смирнов, О. Н. (2019). *Разработка составов и технологий получения строительных материалов на основе золы-уноса ТЭЦ*. Дис. ... канд. техн. наук. М.: МГСУ.
25. Гупта, С., & Кумар, Р. (2018). *Utilization of fly ash in road construction: A review*. *International Journal of Pavement Engineering*, *19*(5), 453-462.

26. Иванова, Т. В., & Сидоров, Г. С. (2020). *Применение золы-уноса в рекультивации нарушенных земель*. Почвоведение, (6), 723-730.
27. Ли, Дж., Ван, Г., & Чжан, Б. (2022). *Recovery of rare earth elements from coal fly ash: A review of recent advances*. Chemical Engineering Journal, 431, 134110.
28. Смит, А. Дж., & Джонс, Б. П. (2019). *Synthesis of zeolites from coal fly ash: A review*. Journal of Industrial and Engineering Chemistry, 76, 1-13.
29. Михайлов, К. В., & Соколов, Д. А. (2018). *Извлечение несгоревшего углерода из золошлаковых отходов ТЭЦ*. Горный журнал, (7), 65-68.
30. Ким, Й., & Парк, Дж. (2021). *Valorization of coal fly ash through high-temperature treatment: A review*. Journal of Hazardous Materials, 404, 124036.
31. Гао, Ю., & Лю, З. (2019). *Granulation of coal fly ash: A review*. Powder Technology, 345, 680-692.
32. Ли, Дж., Ван, Г., & Чжан, Б. (2022). *Recovery of rare earth elements from coal fly ash: A review of recent advances*. Chemical Engineering Journal, 431, 134110.
33. Смит, А. Дж., & Джонс, Б. П. (2019). *Synthesis of zeolites from coal fly ash: A review*. Journal of Industrial and Engineering Chemistry, 76, 1-13.
34. Михайлов, К. В., & Соколов, Д. А. (2018). *Извлечение несгоревшего углерода из золошлаковых отходов ТЭЦ*. Горный журнал, (7), 65-68.

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Ержан Назерке Ержанқызы, Қуанышкереева Мадина Асқарқызы

Соавтор (если имеется): Қуанышкереева Мадина Асқарқызы

Тип работы: Дипломный проект

Название работы: ЖЭС күлінен өнеркәсіптік сарқынды суларды тазартуға арналған катализаторларды алу технологиясын әзірлеу

Научный руководитель: Умбеталы Сарсембин

Коэффициент Подобия 1: 1.3

Коэффициент Подобия 2: 0

Микропробелы: 20

Знаки из других алфавитов: 2

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

☒ Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

☐ Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

☐ Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

☐ Обоснование:

Дата

Жаң Сарсенбаев проверяющий эксперт

**Университеттің жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаменті
директорының ұқсастық есебіне талдау хаттамасы**

Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаментінің директоры көрсетілген еңбекке қатысты дайындалған Плагиаттың алдын алу және анықтау жүйесінің толық ұқсастық есебімен танысқанын мәлімдейді:

Автор: Ержан Назерке Ержанқызы, Қуанышкереева Мадина Асқарқызы

Тақырыбы: ЖЭС күлінен өнеркәсіптік сарқынды суларды тазартуға арналған катализаторларды алу технологиясын әзірлеу

Жетекшісі: Умбеталы Сарсембин

1-ұқсастық коэффициенті (30): 1.3

2-ұқсастық коэффициенті (5): 0

Дәйексөз (35): 0.3

Әріптерді ауыстыру: 2

Аралықтар: 0

Шағын кеңістіктер: 20

Ақ белгілер: 0

Ұқсастық есебін талдай отырып, Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаментінің директоры келесі шешімдерді мәлімдейді :

☒ Ғылыми еңбекте табылған ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді. Осыған байланысты жұмыс өз бетінше жазылған болып санала отырып, қорғауға жіберіледі.

☐ Осы жұмыстағы ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді, бірақ олардың шамадан тыс көптігі еңбектің құндылығына және автордың ғылыми жұмысты өзі жазғанына қатысты күмән тудырады. Осыған байланысты ұқсастықтарды шектеу мақсатында жұмыс қайта өңдеуге жіберілсін.

☐ Еңбекте анықталған ұқсастықтар жосықсыз және плагиаттың белгілері болып саналады немесе мәтіндері қасақана бұрмаланып плагиат белгілері жасырылған. Осыған байланысты жұмыс қорғауға жіберілмейді.

Негіздеме:

Күні *10.06.2025 ж.*

Кафедра меңгерушісі *КПм 07*

Куд Кубекова Ш.Н.

РЕЦЕНЗИЯ

Дипломдық жоба

Ержан Назерке Ержанкызы
Куанышкереева Мадина Асқаркызы

6B05206 – «Инженерлік экология» ББ

Тақырыбы: «ЖЭС күлінен өнеркәсіптік сарқынды суларды тазартуға арналған катализаторларды алу технологиясын әзірлеу»

Орындалған:

Графикалық бөлім: 1 бет

Дипломдық жобаға түсіндірме 41 бет

ЖҰМЫСҚА СЫН-ПІКІР

Ұсынылған дипломдық жоба қоршаған ортаға айтарлықтай қауіп төндіретін және практикалық маңызы зор экологиялық мәселеге – ЖЭС күлін өңдеп, оны өнеркәсіптік сарқынды суларды тазарту үшін катализатор ретінде пайдалануға арналған. Зерттеу жұмыстарының нәтижелері зертханалық талдау және сынау жұмыстарын жүргізу арқылы дәлелді түрде ғылыми негізделген.

Дипломдық жобаның ғылыми зертту нәтижелері айқын қолданбалы бағытқа ие, себебі ол бірден екі маңызды мәселені қамтиды: өндірістік қалдықтарды (ЖЭС күлін) кәдеге жарату және өнеркәсіптік сарқынды суларды тазарту технологиясын жетілдіру.

Зерттеу жұмысының мақсаты мен міндеттері дипломдық жоба тақырыбымен жүйелі және дәйекті түрде тұжырымдалған.

Зерттеуді жұмыстарын кезең-кезеңмен орындау арқылы катализатор алу мен оны сипаттауға дейінгі барлық химия-технологиялық үдерістер жөнінде жан-жақты түсінік алуға мүмкіндік береді. ЖЭО күлінің химиялық құрамын, күлден алынған катализатордың қасиеттерін бағалауда заманауи зерттеу әдістерінің (ВЕТ-талдау, рентгендік фазалық талдау, сканерлеуші электрондық микроскопия, жылу ағындары мен үлгілердің массасының өзгеруін талдау үшін термогравиметриялық анализ (ТГА) және

дифференциалды термиялық анализ (ДТА)) қолданылуы зерттеу жұмыстарының ғылыми тереңдігін көрсетеді.

Күлді қайта өңдеудің ұсынылған әдісінің экономикалық тиімділігіне есептеу жүргізу орынды болар еді.

Дипломдық жоба логикалық бірізділікпен жүйелі, ғылыми тілмен жазылған, жұмыстың айтарлықтай кемшіліктері жоқ.

Жұмысты бағалау

Дипломдық жоба дипломдық жұмыс/жобаларды жазуға және рәсімдеуге қойылатын жалпы стандарттық талаптарға сәйкес рәсімделген. Дипломдық жоба ғылыми стилде логикалық бір ізділікпен жазылған. Дипломдық жобаны жазу барысында орындалған зерттеу жұмыстары мен алынған зерттеу нәтижелері ғылыми негізделген және практикалық құндылыққа ие.

«ЖЭС күлінен өнеркәсіптік сарқынды суларды тазартуға арналған катализаторларды алу технологиясын әзірлеу» тақырыбында жазылған кешенді дипломдық жобаны А (90) «өте жақсы» деп бағалаймын және Ержан Назерке Ержанқызы мен Қуанышкереева Мадина Асқарқызын 6B05206 – «Инженерлік экология» ББ бойынша бакалавр біліктілігін иеленуге толықтай лайықты деп есептеймін.

Рецензент

Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ

«Экология және биоресурстар тұрақтылығы»

ҒЗИ директорының орынбасары

PhD, қауымдастырылған профессор



Ж.Т. Тауанов

« 9 » 06 2025 ж.

ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ ПІКІРІ

Дипломдық жоба бойынша

Ержан Назерке Ержанқызы
Қуанышкереева Мадина Асқарқызы

6B05206 – «Инженерлік экология» ББ

Тақырыбы: «ЖЭС күлінен өнеркәсіптік сарқынды суларды тазартуға арналған катализаторларды алу технологиясын әзірлеу»

Орындалды:

- а) Графикалық бөлім 29 парақ
- б) Түсіндірме жазба 80 бет

«ЖЭС күлінен өнеркәсіптік сарқынды суларды тазартуға арналған катализаторларды алу технологиясын әзірлеу» тақырыбында жазылған дипломдық жобаның мақсаты Алматы ЖЭО-2 күлінен өнеркәсіптік сарқынды суларды тазартуға арналған катализаторды әзірлеу.

Тақырыптың практикалық маңызы жоғары.

Студенттер тақырып бойынша зертханада келесі аналитикалық талдау жұмыстарын жүргізді:

- 1) Алматы ЖЭО-2 күлін аналитикалық талдауға дайындады (кептіру, ұнтату)
- 2) Күл үлгілерін элементтік талдау: энергодисперсионды рентгенофлуоресцентті спекторметрия (EDXRF) әдісімен NEX CG II (Rigaku, Япония) спекторметрімен жүргізілді.
- 3) ПСХ-12М құрылғысымен күлдің меншікті беті және бөлшектердің орташа өлшемі өлшенді
- 4) Термогравиметриялық талдау, TG, DTA
- 5) JSM-6390LV сканерлейтін электронды микроскопында үлгілерді зерттеу.

Дипломдық жоба жұмыстарды жазуға және рәсімдеуге қойылатын стандарттық талаптарға сәйкес рәсімделген. Жұмыс ғылыми стилмен, мақсаты мен міндеттеріне сәйкес жүйелі түрде жазылып, алынған нәтижелер аналитикалық талдау жұмыстарын жүргізу арқылы ғылыми негізделген.

«ЖЭС күлінен өнеркәсіптік сарқынды суларды тазартуға арналған катализаторларды алу технологиясын әзірлеу» тақырыбында жазылған дипломдық жобаны А (95) «өте жақсы» деп бағалаймын.

Ержан Назерке Ержанқызын және Қуанышкереева Мадина Асқарқызын 6B05206 – «Инженерлік экология» ББ бойынша бакалавр дәрежесін иеленуге лайықты деп есептеймін.

Ғылыми жетекші,
ХПЖӨЭ кафедрасының
аға оқытушысы, PhD
Сарсембин У.К.

«10» 06 2025ж.