

UDC 624.012
IRSTI 67.15.37
RESEARCH ARTICLE

RESEARCH OF THE POSSIBILITY OF USING CHP ASH IN THE PRODUCTION OF FIRED ASH GRAVEL

A. Khamit^{1,*} , S. Uderbayev¹ , K. Baitassov² ,
G. Ibraimbaeva³ , S. Kultayeva³ 

¹Korkyt Ata Kyzylorda University, Kyzylorda, 120012, Kazakhstan

²Kyzylorda «Bolashak» University, Kyzylorda, 120000, Kazakhstan

³International Educational Corporation, Almaty, 050043, Kazakhstan

Abstract. *The article presents a comparative analysis of the characteristics of the dump ash of the Kyzylorda CHP hydraulic removal. A huge amount of ash, slag waste is collected in the dumps of the CHP, their accumulation in the dumps leads to a violation of the ecology of the environment. The issue of ash, slag waste disposal is an urgent problem. The use of ash and slag not only solves the issue of availability of raw materials, but also allows to improve the quality of products while reducing their cost. One of the valuable components of ash and slag waste is hydraulic removal ash. Hydraulic removal ash as a raw material can be used for the manufacture of artificial concrete aggregates (ash, agglomerate gravel, etc.). Studies were conducted to study the physico-chemical composition, determine the specific effective activity of natural radionuclides, loss during calcination of two types of hydraulic removal ash samples from Kyzylorda CHP (black and gray), which differ in sampling sites from ash dump. When studying the properties of the ash, X-Ray phase analysis was carried out, with the help of which the phase composition of the ash was determined. Work was carried out on the X-Ray phase analysis of ash, determination of the specific effective activity of natural radionuclides, calcination losses, which showed the possibility of using ash for the production of building materials. The conducted studies have confirmed the expediency of using the ash of the Kyzylorda thermal power plant in the production of fired ash gravel.*

Keywords: *fly ash of CHP, ash utilization, ash gravel, X-Ray phase analysis, radiograph, radionuclides.*

***Corresponding author**

Aigerim Khamit, e-mail: khamit_ann@mail.ru

<https://doi.org/10.51488/1680-080X/2024.3-11>

Received 11 April 2024; Revised 30 May 2024; Accepted 12 July 2024

ӨОЖ 624.012
ҒТАМР 67.15.37
ҒЫЛЫМИ МАҚАЛА

ЖЭО КҮЛІН КҮЙДІРІЛГЕН КҮЛДІ МАЛТА ТАС ӨНДІРІСІНДЕ ҚОЛДАНУ МҮМКІНДІГІН ЗЕРТТЕУ

А.Н. Хамит^{1*} , С.С. Үдербаев¹ , К.Байгасов² ,
Г.Б. Ибраимбаева³ , Ш.М. Култаева³ 

¹Қорқыт ата атындағы Қызылорда университеті, Қызылорда, 120012, Қазақстан

²Қызылорда «Болашақ» университеті, Қызылорда, 120000, Қазақстан

³ Халықаралық білім беру корпорациясы, Алматы, 050043, Қазақстан

Аңдатпа. Мақалада Қызылорда ЖЭО сумен шайылған үйінді күлінің сипаттамаларына салыстырмалы талдау жүргізілді. ЖЭО үйінділерінде күлді илақты қалдықтардың көп мөлшері жиналады, олардың үйінділерде жиналуы қоршаған орта экологиясының бұзылуына әкеледі. Сондықтан күл-қож қалдықтарын кәдеге жарату мәселесі өзекті мәселе болып табылады. Күлді илақты қалдықтарды қолдану шикізатпен қамтамасыз ету мәселесін шешіп қана қоймай, сонымен бірге оның құнын төмендете отырып, өнімнің сапасын арттыруға мүмкіндік береді. Күлді илақты қалдықтарының құнды компоненттерінің бірі-сумен шайылған күл. Сумен шайылған күлді шикізат ретінде жасанды бетон толтырғыштарын (күлді, аглопоритті қиыршық тастар және т.б.) жасау үшін пайдалануға болады. Зерттеулер күлдің физика-химиялық құрамын зерделеу, табиғи радионуклидтердің үлестік тиімді белсенділігін анықтау және күл үйіндісінен сынама алу орындарымен ерекшеленетін Қызылорда ЖЭО-ның екі түрінің (қара және сұр) сумен шайылған күлінің сынамаларын қыздыру кезіндегі шығынды анықтау мақсатында жүргізілді. Күлдің қасиеттерін зерттеу кезінде рентгендік фазалық талдау жүргізілді, оның көмегімен күлдің фазалық құрамы анықталды. Күлді рентгенофазалық талдау, табиғи радионуклидтердің нақты тиімді белсенділігін және күйдіру кезіндегі шығындарды анықтау бойынша жұмыстар орындалды, олар күлді құрылыс материалдарын өндіру үшін қолдану мүмкіндігін көрсетті. Жүргізілген зерттеулер күйдірілген күлді қиыршық тас өндірісінде Қызылорда ЖЭО-ның сумен шайылған күлін қолданудың орындылығын растады.

Түйін сөздер: ЖЭО ілесне күлі, күлді кәдеге жарату, күлді малта тас, рентгенофазалық талдау, рентгенограмма, радионуклидтер.

*Автор-корреспондент





Хамит Айгерім, e-mail: khamit_ann@mail.ru

<https://doi.org/10.51488/1680-080X/2024.3-11>

Алынды 11 сәуір 2024; Қайта қаралды 30 мамыр 2024; Қабылданды 12 шілде 2024

УДК 624.012
МРНТИ 67.15.37
НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗОЛЫ ТЭЦ В ПРОИЗВОДСТВЕ ОБЖИГОВОГО ЗОЛЬНОГО ГРАВИЯ

А.Н. Хамит^{1*} , С.С. Үдербаев¹ , К. Байтасов² ,
Г.Б. Ибраимбаева³ , Ш.М. Култаева³ 

¹ Кызылординский университет имени Коркыт Ата, Кызылорда, 120012, Казахстан
² Кызылординский университет «Болашак», Кызылорда, 120000, Казахстан
³ Международная образовательная корпорация, Алматы, 050043, Казахстан

Аннотация. В статье проведен сравнительный анализ характеристик отвальной золы гидроудаления Кызылординской ТЭЦ. В отвалах ТЭЦ собирается огромное количество золошлаковых отходов, накопление их в отвалах приводит к нарушению экологии окружающей среды. Поэтому вопрос утилизации золошлаковых отходов является актуальной проблемой. Применение золошлаков не только решает вопрос обеспеченности сырьем, но и позволяет повысить качество продукции при одновременном снижении ее себестоимости. Одним из ценных компонентов золошлаковых отходов является зола гидроудаления. Зола гидроудаления в качестве сырья можно использовать для изготовления искусственных заполнителей бетона (зольный, аглопоритовый гравий и др.). Исследования проводились с целью изучения физико-химического состава, определения удельной эффективной активности естественных радионуклидов и потери при прокаливании проб золы гидроудаления Кызылординской ТЭЦ двух видов (черная и серая), которые отличаются местами отбора проб из золоотвала. При исследовании свойств золы были проведены рентгенофазовый анализ, при помощи которого был определен фазовый состав золы. Выполнены работы по рентгенофазовому анализу золы, определению удельной эффективной активности естественных радионуклидов и потери при прокаливании, показавшие на возможность применения золы для производства строительных материалов. Проведенные исследования подтвердили целесообразность применения золы гидроудаления Кызылординского ТЭЦ в производстве обжигового зольного гравия.

Ключевые слова: зола-уноса ТЭЦ, утилизация зол, зольный гравий, рентгенофазовый анализ, рентгенограмма, радионуклиды.

*Автор-корреспондент
Хамит Айгерім, e-mail: khamit_ann@mail.ru

<https://doi.org/10.51488/1680-080X/2024.3-11>

Поступило 11 апреля 2024 г.; Пересмотрено 30 мая 2024 г.; Принято 12 июля 2024 г.

ACKNOWLEDGEMENTS/SOURCE OF FUNDING

The study was conducted using private sources of funding.

CONFLICT OF INTEREST

The authors state that there is no conflict of interest.

АЛҒЫС / ҚАРЖЫЛАНДЫРУ КӨЗІ

Зерттеу жеке қаржыландыру көздерін пайдалана отырып жүргізілді.

МҮДДЕЛЕР ҚАҚТЫҒЫСЫ

Авторлар мүдделер қақтығысы жоқ деп мәлімдейді.

БЛАГОДАРНОСТИ/ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Исследование проводилось с использованием частных источников финансирования.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют, что конфликта интересов нет.

1 КІРІСПЕ

Елдің энергетикалық әлеуеті ішінара қатты отынды, негізінен тас көмірді жағу арқылы жылу және электр энергиясын өндіретін жылу электр станцияларын пайдалану арқылы қамтамасыз етіледі. 2022 жылы Қазақстанда тұтынылған энергия көзінің 48,2% көмір болды (**Pak, 2023**).

Қатты отынды жағу тәсілімен ерекшеленетін жылу электр станцияларының әртүрлі түрлері бар (**Belikov & Kotler, 2008**). Қазіргі заманғы ЖЭС қатты отынды жағу камералық ошақтарда шаң тәрізді күйге дейін ұнтақталған күйінде жүзеге асырылады. Бұл процестің ажырамас бөлігі күл мен күл-қож қоспасы түрінде қалдықтардың пайда болуы болып табылады.

Қазіргі уақытта Қызылорда ЖЭО үйінділерінде 2 млн.550мың т. күлді қалдықтары жиналған (**Imangaliyev, 2017**). Сондықтан күлді қалдықтарды кәдеге жарату мәселесі өзекті болып табылады, өйткені олардың үйінділерде жиналуы экологиялық қауіпсіздікке қауіп төндіреді (**Loshkareva & Gubonina, 2014**).

Күлді қалдықтарды қайта өңдеу бағыттарының бірі оларды бетон шикізаты ретінде пайдалану, сондай-ақ жасанды бетон толтырғыштарын жасау. Күлді қалдықтарды бетон мен оның толтырғыштарын өндіруде алмастырушы материалдар ретінде пайдалану қиыршық тас пен гранитті қиыршық тастан табиғи толтырғыштардың жетіспеуі және олардың кен орындарының сарқылуы себебінен өзекті болып табылады (**Puzatova et al., 2020; Ibe et al., 2021; Baitassov, 1989**).

2 ӘДЕБИЕТКЕ ШОЛУ

Осы тақырып бойынша жарияланымдар саны 2002 жылдан бастап артып келеді, бұл зерттеушілердің осы тақырыпқа деген қызығушылығының артуын көрсетеді. Жарияланымдардың ең көп санын Түркия мен Үндістанның зерттеушілері жасады. Бұл осы елдердің энергетикасында көмірдің белсенді қолданылуын және күлді қалдықтарды кәдеге жарату мәселесінің толық шешілмегенін көрсетеді.

Scopus мәліметтері бойынша басылымдарды талдау осы тақырып бойынша ғылыми басылымдардың саны, әсіресе 2008 жылдан кейін күрт өсіп келе жатқанын көрсетеді, бұл осы бағыттағы зерттеулердің өзектілігін көрсетеді (**Usanova, 2018**).

Күлді қалдықтардың құнды компоненттерінің бірі, әдетте жасанды күлді малта тас (гранула, түйіршіктер) түрінде қолданылатын ілеспе күл.

Бетон өндірісінде ілеспе күлді пайдалануды екі түрге бөлуге болады: түйіршіктелген күлді күйдіру арқылы немесе күйдірусіз (күлді малта тас) алынатын ірі толтырғыш ретінде және ұсақ дисперсті толтырғыш ретінде қолдану.

Бетонға майда дисперсті күлді қолдану бірнеше мақсатқа қызмет етеді: ішінара ауыстыру нәтижесінде цементті үнемдеу, бетон қоспасының қасиеттері мен сипаттамаларын жақсарту (мысалы, отыру кезінде жарықтар пайда болады) және өндірістік қалдықтар ретінде қоқысқа тасталатын күлді кәдеге жарату.

Күлді малта тас жоғары сапалы бетондарда, өздігінен тығыздалатын бетон қоспаларында және жеңіл бетондарда қолданылады (**Itskovich et al., 2001; Zhuginisov & Rakhmetulla, 2022**).

Жоғары сапалы бетондар үшін күлді малта тасты қолдану оның негізгі қасиеттерін сақтай отырып, бетонның құнын төмендетуге мүмкіндік береді.

Өздігінен тығыздалған бетондарда күлді малта тастың дөңгелек пішіні және оның салыстырмалы түрде кіші өлшемдері бетонның қозғалғыштығын және әсіресе қалың арматуралау кезінде оның жайғасымдылығын арттырады. Мұндай қоспалар бетон сорғыларына оңай беріледі.

Жеңіл бетондарда күлді малта тасты пайдалану оның тығыздығын төмендетеді және оның жылутехникалық сипаттамаларын жақсартады ([Hydiakova et al., 2019](#); [Abdrahimov, 2018](#)).

Ілеспе күлден ірі толтырғыш екі әдіспен алынады. Бірінші әдіс – ілеспе күлді түйіршіктеу және оны пештерде жоғары температурада балқытып біріктіру (күйдірілген күлді малта тас). Екінші әдіс - айналмалы сиымдылықтарда домалату арқылы ілеспе күлдің салқын күйде түйіршіктеу (күйдірілмеген күлді малта тас) ([Kumar & Rama Mohan Rao, 2017](#)).

Зерттеудің мақсаты күл жинақталған үйіндіден сынама алынатын орындарымен ерекшеленетін Қызылорда ЖЭО-ның екі түрлі (қара және сұр) ілеспе күлінің физика-химиялық құрамын, табиғи радионуклидтердің меншікті тиімді белсенділігін және күйдіру кезіндегі шығынын анықтау болып табылады.

3 МАТЕРИАЛДАР МЕН ӘДІСТЕР

Зерттеулерді орындау кезінде МемСТ 25818-2017 «Бетон алу үшін ЖЭС күл-қожы. Техникалық талаптар», МемСТ 30108-94 «Құрылыс материалдары мен бұйымдар. Табиғи радионуклидтердің меншікті тиімді белсенділігін анықтау» нормативтік құжаттары мен ([Gorshkov et al., 1981](#); [Ukhanov, 2014](#); [Eroshov et al., 2016](#), [Rashchupkina, 2009](#)) әдістері басшылыққа алынды.

Ілеспе күлдің оксидтік химиялық құрамы МемСТ 5382-2019 «Цементтер және цемент өндірісінің материалдары. Химиялық талдау әдістері» бойынша, рентгендік-флуоресцентті спектрлік талдауды (РФСА) пайдаланып анықталды. Бұл әдіс элементтік талдау болып табылады, яғни сынамадағы белгілі бір химиялық элементтер атомдарының тек проценттік мөлшерін анықтауға мүмкіндік береді, анықталатын элементтердің диапазоны Al- ден U-ға дейін. Алынған нәтижелерді жарияланған мәліметтермен салыстыру үшін жеке химиялық элементтердің алынған концентрацияларын қайта есептеу жүргізілді.

Зерттелетін ілеспе күл құрамының рентгендік фазалық талдауын (РФ) орындау үшін бағдарламалық қамтамасыз етумен жабдықталған CuK_α - сәулеленудегі жаңартылған ДРОН— 3М дифрактометрі пайдаланылды.

Ілеспе күл сынамасының рентгенографиясы мен дифракциялық сипаттамасы 2θ (бұрыштар) түсіру интервалында алынды: 10° нан 70° ке дейін, яғни бастапқы бұрышы 10° , соңғы бұрышы — 70° , қадамы — $0,05$; экспозициясы — $1,5$; жылдамдығы 2г/мин , импульсивтіліктің максималды саны-350.

Түсіруге арналған препараттар келесі ретпен дайындалды:

- зерттелетін зат (сынама) ағат үккіште ұнтақ күйге дейін майдаланды;
- содан кейін осылай дайындалған ұнтақ алдын ала вазелинмен майланған плексиглас кюветке салынып, аздап нығыздалды;
- текстураны жою үшін кюветтегі артық ұнтақ пышақпен кесіліп алынды.

Табиғи радионуклидтердің нақты тиімді белсенділігін анықтау МемСТ 30108-94 «Құрылыс материалдары мен бұйымдары. Табиғи радионуклидтердің меншікті тиімді белсенділігін анықтау» құжатының техникалық талаптарына сәйкес жүзеге асырылды.

Күлдің қасиеттерін зерттеу кезінде рентгендік фазалық талдау жүргізілді. Фазалық құрамды бағалау PDF-2 рентгенометриялық картотекасы мен Profile Show бағдарламасын қолдану арқылы жүзеге асырылды.

4 НӘТИЖЕЛЕР ЖӘНЕ ТАЛҚЫЛАУ

Сумен шайылып шығарылған Қызылорда ЖЭО-ның ілеспе күлі табиғи күйде қара, сұр түсті сусымалы материал түрінде болады және келесі қасиеттерімен сипатталады: орташа тығыздығы $2,41\text{ г/см}^3$; меншікті беті $2775\text{ см}^2/\text{г}$; үйме тығыздығы $0,755\text{ г/см}^3$; көміртегі мөлшері $5,5\%$.

Ілеспе күлдің екі сынамасы зерттелді: №1 – қара түсті және №2 – сұр түсті.

№1 ілеспе күл сынамасының элементтік және оксидтік құрамдары (1,2-кесте) келтірілген. Күлдің негізінен кремний диоксиді (SiO_2) мен алюминий оксидінен (Al_2O_3) тұратынын көруге болады, бұл оксидтер күл құрамында кварц пен муллиттің болуын растайды.

1-кесте

№1 сынамадағы ілеспе күлдің элементтік құрамы

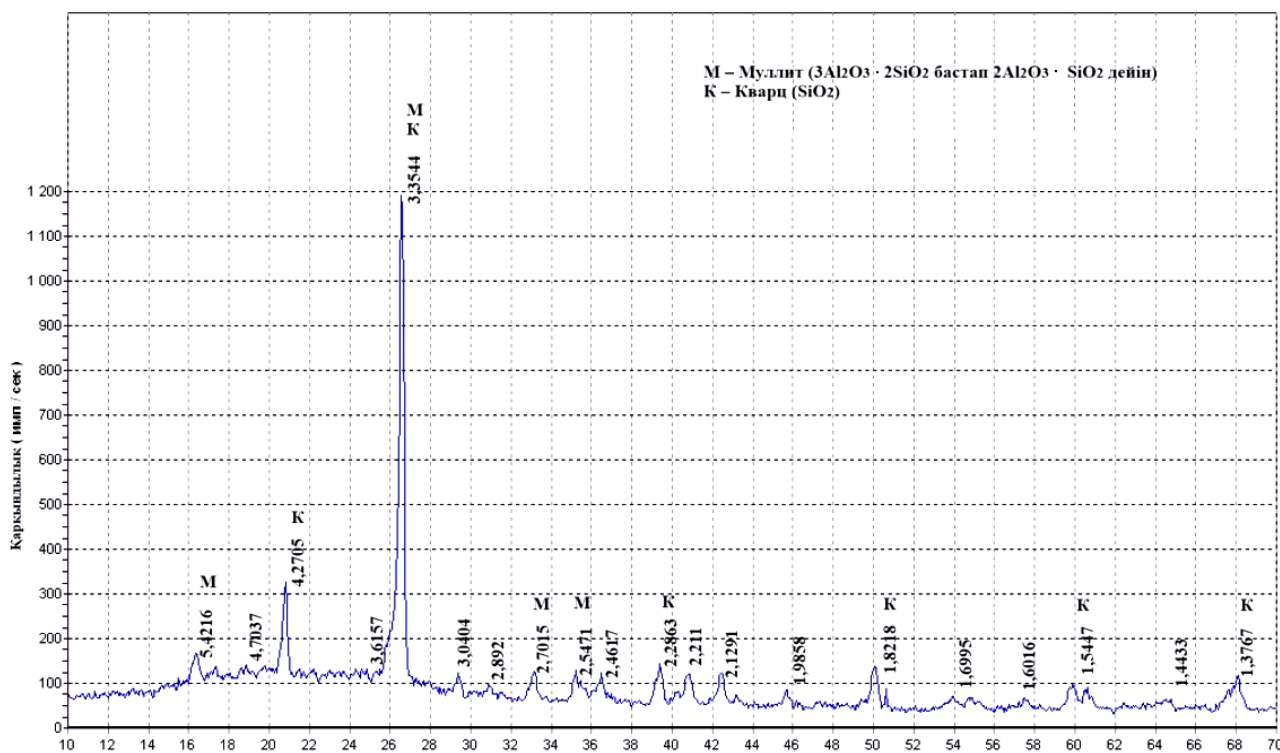
Элементтер атауы және проценттік мөлшері, %												
O	Si	Fe	Na	Al	S	Ti	Mg	Ca	K	Cl	P	Σ
48,39	28,6	2,55	0,84	14,01	0,24	0,50	1,10	2,08	1,29	0,29	0,19	100

2-кесте

№1 сынамадағы ілеспе күлдің тотықтық құрамы

SiO_2	Al_2O_3	CaO	Fe_2O_3	MgO	K_2O	Na_2O	SO_3	TiO_2	Σ
60,98	26,4	2,90	3,27	1,82	1,55	1,12	0,60	0,83	100

1-суретте Рентгендік фазалық талдаудың көмегімен күлдің фазалық құрамы анықталды. №1 сынамадағы ілеспе күлдің рентгенограммасы көрсетілген



1-сурет – №1 сынамадағы ілеспе күлдің рентгенограммасы (авторлық материал).

№1 ілеспе күл сынамасының рентгенографиясы мен дифракциялық сипаттамасынан оның жазықтықаралық арақашықтықтарына ($d/n, A$) сәйкес келесі минералдардан тұратынын көруге болады: кварц (SiO_2) – 4,2705; 3,3544; 2,2863 және басқалар; муллит ($3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$) – 5,4216; 3,3544; 2,7015 және басқалар. SiO_2 – 71,5%; $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ – 28,5%. №1 ілеспе күл құрамында шыны фазасының аздаған мөлшері (шамамен 5% - 6%) бар, оның бар екендігін 16° - 28° арасындағы гало куәландырады.

№2 ілеспе күл сынамасының элементтік және оксидтік құрамы (3,4 – кесте) келтірілген, олардың құрамында кремний диоксиді (SiO_2), алюминий оксиді (Al_2O_3), кальций оксиді (CaO) бар. Жиынтықта бұл оксидтер кварц, кальцит және доломиттің болуын растайды, сонымен қатар күл құрамында SO_3 болуы екі сулы гипстің болуын көрсетеді.

3-кесте

№2 сынамадағы ілеспе күлдің элементтік құрамы

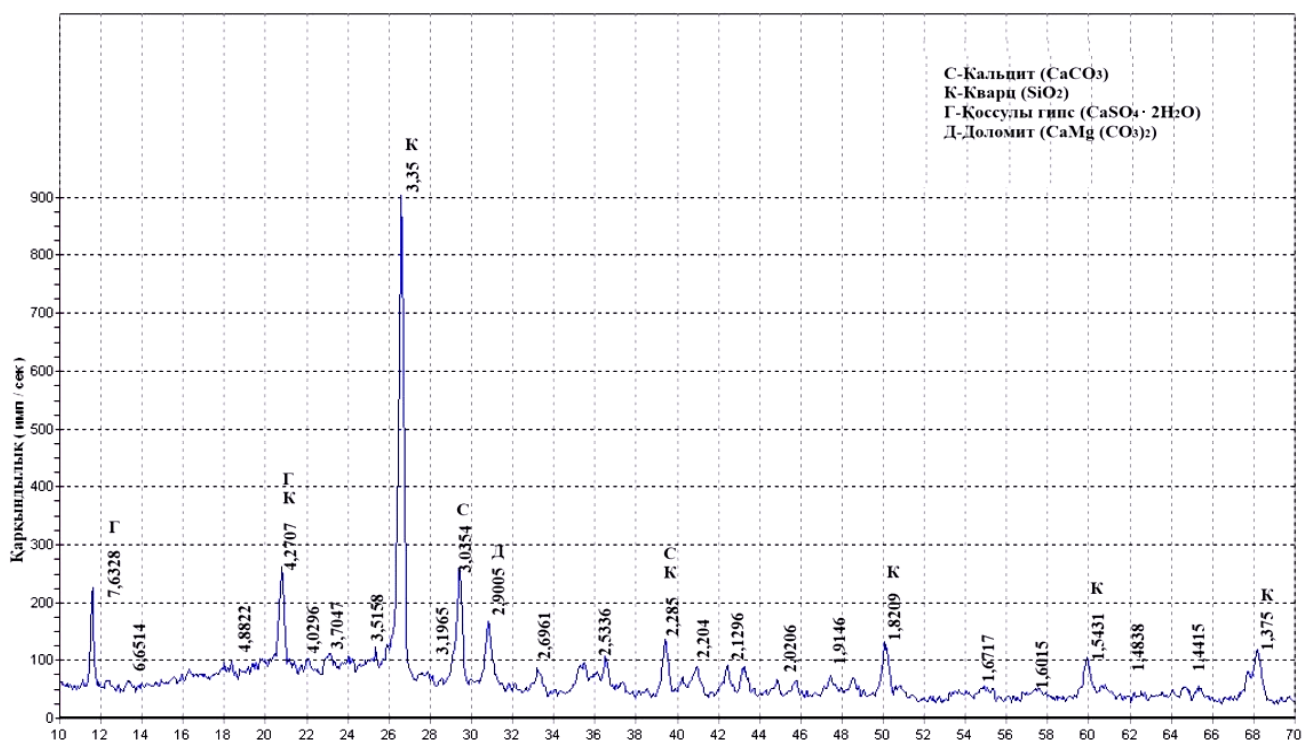
Элементтер атауы және проценттік мөлшері, %												
O	Si	Fe	Na	Al	S	Ti	Mg	Ca	K	Cl	Mn	Σ
47,31	25,40	9,09	0,48	9,83	1,24	0,49	1,36	5,3	1,31	0,08	0,36	100

4-кесте

№2 сынамадағы ілеспе күлдің тотықтық құрамы

SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Fe ₂ O ₃	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₃	TiO ₂	MnO	Σ
55,4	18,9	7,58	9,09	2,29	1,62	0,66	3,16	0,83	0,08	0,36

2-суретте Рентгендік фазалық талдаудың көмегімен күлдің фазалық құрамы анықталды. №2 ілеспе күлді зерттеу нәтижелері көрсетілген.



2-сурет – №2 сынамадағы ілеспе күлдің рентгенограммасы (авторлық материал).

№ 2 ілеспе күл сынамасының рентгенограммасынан және дифракциялық сипаттамасынан оның жазықтықаралық арақашықтықтарына (d/n , Å) сәйкес келесі минералдардан тұратынын көруге болады: кварц (SiO₂) – 4,2707; 3,35; 1,8209 және басқалар; кальцит (CaCO₃) – 3,0354; 2,285; екі сулы гипс (CaSO₄·2H₂O) – 7,6328; 4,2707; доломит CaMg(CO₃)₂ – 2,90057. Мөлшері: SiO₂ – 54,2%; CaCO₃ – 2,6%; CaMg(CO₃)₂ – 13,0%; CaSO₄·2H₂O – 12,2%. №2 ілеспе күл сынамасы құрамында шыны фазасының көп мөлшері аз (шамамен 3% - 4%), оның бар екендігін 16° - 28° аралығындағы гало куәландырады.

Табиғи радионуклидтердің нақты тиімді белсенділігін анықтау нәтижелері (3-кесте) келтірілген. Алынған деректерге сәйкес сынамалардағы №1 және №2 ілеспе күлдер МемСТ 30108-94 «Құрылыс материалдары мен бұйымдар. Табиғи радионуклидтердің меншікті тиімді белсенділігін анықтау» талаптарына сәйкес I классты құрылыс материалдарының қатарына жатады.

Күйдіру кезіндегі шығындар (п.п.) сәйкесінше 3,46% және 3,05% құрайды.

3-кесте

Табиғи радионуклидтердің меншікті тиімді белсенділігі

Сынама №	Көрсеткіш атауы, өлшем бірлігі	Сынақ әдісі	Норма	Нақты мәні
№1	Табиғи радионуклидтердің меншікті тиімді белсенділігі, Бк/кг	МемСТ 30108-94	370-ке дейін	55,1
№2				22,7

5 ҚОРЫТЫНДЫ

Рентгендік-флуоресцентті спектрлік талдау негізінде №1 күл сынамасы құрамы негізінен кварц пен муллиттен, № 2 күл сынамасы құрамының басым бөлігі кварц, кальцит, доломит және екі сулы гипстен тұратыны анықталды. Екі сынаманың үлгілері табиғи радионуклидтердің меншікті тиімді белсенділігі бойынша МемСТ 30108-94 «Құрылыс материалдары мен бұйымдар. Табиғи радионуклидтердің меншікті тиімді белсенділігін анықтау» талаптарына сәйкес келетін құрылыс материалдарының класына жататыны анықталды. Зерттеу нәтижелері күл үлгілерінде күйдіру кезіндегі шығындар сәйкесінше 3,46% және 3,05% шама-сында болатынын көрсетті.

Элементтік талдау нәтижелері сыналған күлдер құрамында кремний оксиді мөлшерінің жоғары екенін көрсетті, бұл нәтиже оларды күйдірілген күлді малта тас (обжиговый зольный гравий) өндіру үшін қолдану мүмкіндігін дәлелдейді.

ӘДЕБИЕТТЕР

1. **Pak, A.** (2023). Coal remains the main source of energy in Kazakhstan with a share of 48.2% of total consumption. [Ugol' ostaetsya osnovnym istochnikom energii v Kazahstane s dolei v 48,2% ot obshchego potrebleniya]. Retrieved from: <https://bizmedia.kz/2023-09-15-ugol-ostaetsya-osnovnym-istochnikom-energii-v-kazahstane-s-dolej-v-482-ot-obshhego-potrebleniya/>(In Russ.).
2. **Belikov, S.E., Kotler, V.R.** (2008). Boilers of thermal power plants and protection of the atmosphere. [Kotly teplovyh elektrostancij i zashchita atmosfery]. Aqua-Term Publishing Center, 360. Retrieved from: https://lunda.kz/catalog/category/c12727/product/kniga-kotly-zaschita_19614.html (In Russ.).
3. **Imangaliyev, G. Kh.** (2017). The use of ash and slag waste from Kyzylorda CHP in construction. Problems of engineering graphics and vocational education. [Qyzylorda jylyelektr ortalyǵanan jinalǵan kül – qoj qaldyqtaryn qūrylysta paidalanu. İnjenerlik grafika jāne kāsıbi bilim problemalary]. 5(44). Retrieved from: <https://azdok.org/document/y8g3kv14-energy-efficient-reinforced-concrete-three-layer-exterior-processing.html> (In Kaz.).
4. **Loshkareva, A.V., Gubonina, Z.I.** (2014). Environmental problems in the storage of ash waste from solid fuel combustion in thermal power plants [PDF file].[Ekologicheskie problemy pri hranenii zolothodov ot sjigania tverdogo topliva na teplovyh elektrostansiyah]. Online magazine "Science Studies" 6(25) Retrieved from: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekologicheskie-problemy-pri-hranenii-zolothodov-ot-szhiganiya-tvyordogo-topliva-na-teplovyh-elektrostansiyah> (In Russ.).
5. **Puzatova, A.V., Dmitrieva, M.A., Zakharov, A.A., Leucin, V.N.** (2020). Fly ash in the production of concretes for various purposes and dry building mixes. Young Scientist.[Zola-unosa pri proizvodstve betonov razlichnogo naznacheniya i suhih stroitelnyh smesei]. 13(303). Retrieved from: <https://doi.org/10.33979/2073-7416-2023-109-5-132-147> (In Russ.).

6. **Ibe, E.E., Shibayeva, G.N., Mironov, S.E., Litvin, D.A.** (2021). Prerequisites for the use of multicomponent binders based on fly ash for ultra-high technology concretes [PDF file]. [Predposylki ispol'zovaniya mnogokomponentnyh vyazhushchih na osnove zol-unos dlya betonov ul'travysokih tekhnologii]. Bulletin of Eurasian Science. 5(13). Retrieved from: <https://esj.today/PDF/52SAVN521.pdf> (In Russ.).
7. **Baitassov, K.** (1989). Sandy concretes on lime-ash portland cement. [Peschanye betony na izvestkovozol'nom portlandcemente]. Abstract of the dissertation of the Candidate of technical Sciences: 05.23.05. Moscow Engineering and Construction Institute named after. V. V. Kuibysheva. (In Russ.).
8. **Usanova, K.Yu., Barabanshchikov, Yu.G., Fedorenko, Yu.P., Kostyrya, S.A.** (2018). Un-fired ash gravel as a coarse concrete filler. [Bezobzhigovyy zol'nyj gravij kak krupnyj zapolnitel' betonov]. (pp. 31-45) 9 (72). Retrieved from: https://www.researchgate.net/publication/336391323_Bezobzhigovyy_zolnyj_gravij_kak_krupnyj_zapolnitel_betonov (In Russ.).
9. **Itskovich, S. M., Chumakov, L. D., Bazhenov, Yu. M.** (2001). Technology of concrete aggregates. [Tekhnologiya zapolnitelei betona]. Higher School: Moscow, Russia, 272. Retrieved from: <http://elib.kstu.kz/fulltext/skan/Tekhnologiya%20zapolniteley%20betona.pdf> (In Russ.).
10. **Zhuginisov, M. T., Rakhmetulla, A. A.** (2022). Production of lightweight concrete using burnt ash and slag technology. [Kúdirilgen kúl-qırshyqtas tehnologıasynyń negizinde jeńil beton alý]. Young scientist. (pp. 680-683), 20 (415). Retrieved from: <https://moluch.ru/archive/415/91615/> (In Kaz.).
11. **Kumar, P.P., Rama Mohan Rao, P.** (2017). Packing density of self compacting concrete using normal and lightweight aggregates. International Journal of Civil Engineering and Technology. (pp. 1156–1166), 8 (4).
12. **Gorshkov, V.S., Timashev, V.V., Savelyev, V.G.** (1981). Methods for physical and chemical analysis of binders. [Metody fiziko-himicheskogo analiza vyazhushchih veshchestv]. Higher School: Moscow, Russia, 335. (In Russ.).
13. **Ukhanov, A.V.** (2014). Experience and regulatory framework for the use of dry fly ash from Russian thermal power plants in the production of concrete, mortars and dry building mixtures. [Opyt i normativnaya baza po ispol'zovaniyu suhoi letuchei zoly TES Rossii pri proizvodstve betonov, stroitel'nyh rastvorov i suhikh stroitel'nyh smesei]. (pp. 51-57) Retrieved from: <http://osi.ecopower.ru/ru/Documents/attachments/337rus.pdf> (In Russ.).
14. **Eroshov, A. I., Martsul, I. N., Antonenkov, A. I.** (2016). Research of the effective activity of the content of natural radionuclides in construction materials. [Issledovanie effektivnoi aktivnosti sodержaniya estestvennyh radionuklidov v stroitel'nyh materialah]. (pp. 211-212) Retrieved from: <https://elib.bs.u.by/bitstream/123456789/171290/1/saharovskie-chteniya-2016-211-212.pdf> (In Russ)
15. **Rashchupkina, M.A.** (2009). The influence of the dispersion of ash from the hydraulic removal of Ekibastuz coal and the addition of liquid glass on the properties of fine-grained concrete. [Vliyanie dispersnosti zoly gidroudaleniya ekibastuzskih uglei i dobavki zhidkogo stekla na svoistva melkozernistogo betona]. Abstract of the dissertation of the Candidate of technical Sciences: 05.23.05. The Siberian State Automobile and Highway Academy. (In Russ)
16. **Hydiakova, L.I., Zalytskii, A.V., Paleev, P.L.** (2019).). The use of ash and slag waste from thermal power plants [Ispol'zovanie zoloshlakovyh othodov teplovyh elektrostantsii] (pp. 375-391) <https://doi.org/10.21285/2500-1582-2019-3-375-391> (In Russ).
17. **Abdrahimov, V.Z.** (2018). Reducing environmental damage to ecosystems through the use of inter-shale clay and ash-slag material in the production of lightweight bricks and porous aggregate [Snijeniia ekologicheskogo ushcherba ekosistemam za schet ispol'zovaniia mejslantsevoi gliny i zoloshlakovogo materiala v proizvodstve legkovesnogo kirpicha i poristogo zapolnite-lia] (pp. 77-83) <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2018-10-77-83> (In Russ).