

Татенова Мугзара Аскаровна*¹

техника және технологиялар магистрі,
Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан,
mugzara@mail.ru, ORCID ID: 0009-0004-2282-8711

Калиева Жанар Ералиновна²

техника ғылымдарының кандидаты, доцент,
Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан,
zhanna08047787@gmail.com ORCID ID: 0000-0001-9033-2065

Өмірзақ Мақсат Разахұлы³

техника және технологиялар магистрі,
Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан,
maksat010219@mail.ru, ORCID ID: 0009-0002-0571-1779

Каюпова Зурани Ботабаевна⁴

техника және технологиялар магистрі,
Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан,
Kzb_nika@mail.ru, ORCID ID: 0009-0004-1381-4166

**ҚҰРЫЛЫС КЕРАМИКАЛЫҚ БҰЙЫМДАРЫН ӨНДІРУДЕ ҚОЛДАНЫЛАТЫН
КҮЛ-ҚОЖ ҚАЛДЫҚТАРЫН ЗЕРТТЕУ**

Аңдатпа. Бұл жұмыста жылу электр станцияларының күл-қож қалдықтарын құрылыс керамикалық бұйымдарын өндіруде тиімді пайдалану мүмкіндігі және олардың материал қасиеттеріне әсері қарастырылған. Шикізат материалдарының – күл қожы мен саздың химиялық құрамы мен құрылымдық сипаттамалары жан-жақты зерттелді. Негізгі элементтер мен оксидтердің мөлшері, сондай-ақ компоненттердің микроқұрылымының ерекшеліктері анықталды. Әртүрлі құрамдағы шикізат дайындалып, үлгілер қалыптау және күйдіру әдістері арқылы алынды. Әртүрлі пропорцияда күл қожы қосылған керамикалық бұйымдардың физика-механикалық қасиеттері, атап айтқанда беріктігі зерттелді. Зерттеу нәтижесінде керамиканың пайдалану көрсеткіштерінің шикізат құрамындағы күл қожының үлесіне тәуелділігі анықталды. Күл-қож мөлшерінің артуы материал қасиеттеріне айтарлықтай әсер ететіні және оның оңтайлы мөлшері бар екендігі анықталды. Күл-қож қалдықтарын тиімді пайдалану бұйымдардың сапасын арттырумен қатар, өндіріс шығындарын төмендетуге мүмкіндік беретіні көрсетілді. Өнімнің технологиялық және пайдалану сипаттамаларын жақсарту үшін күлдің оңтайлы мөлшері ұсынылды. Алынған нәтижелер күл-қож қалдықтарын құрылыс керамикасын өндіруде тиімді қайталама шикізат ретінде қолдануға болатынын дәлелдейді. Бұл зерттеу нәтижелері өнеркәсіпте кеңінен қолдануға және технологияларды жетілдіруге негіз болады деп қорытынды жасауға болады.

Кілт сөздер. Күл-қож, саз балшық, өнекәсіп қалдықтары, химиялық құрам, минералогиялық құрам, керамикалық бұйым.

Татенова Мугзара Аскаровна*¹

магистр техники и технологий,

Евразийский национальный университет им. Л. Н. Гумилева, Астана, Казахстан,
mugzara@mail.ru, ORCID ID: 0009-0004-2282-8711

Калиева Жанар Ералиновна²

кандидат технических наук, доцент,

Евразийский национальный университет им. Л. Н. Гумилева, Астана, Казахстан,
zhanna08047787@gmail.com ORCID ID: 0000-0001-9033-2065

Умирзак Максат Разахулы³

магистр техники и технологий,

Евразийский национальный университет им. Л. Н. Гумилева, Астана, Казахстан,
maksat010219@mail.ru, ORCID ID: 0009-0002-0571-1779

Каюпова Зурани Ботабаевна⁴

магистр техники и технологий,

Евразийский национальный университет им. Л. Н. Гумилева, Астана, Казахстан,
Kzb_nika@mail.ru, ORCID ID: 0009-0004-1381-4166

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ КЕРАМИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

Аннотация. В данной работе предусмотрено использование золошлаковых отходов тепловых электростанций при производстве строительных керамических изделий. Исследованы химический состав и структурные характеристики сырьевых материалов - золошлака и глины. Определены содержание основных элементов и оксидов, а также особенности микроструктуры компонентов. Изучены физико-механические свойства готовых керамических изделий с добавлением золошлака в различных пропорциях. Установлена зависимость эксплуатационных показателей керамики от доли золошлака в составе шихты сырья. Для повышения технологических и эксплуатационных характеристик продукта определены оптимальные пропорции смеси, в которой рекомендуется использовать золу в умеренных количествах. Полученные результаты позволяют представить золошлаковые отходы в качестве вторичного сырья для производства строительной керамики.

Ключевые слова. Золо-шлак, глина, отходы производства, химический состав, минералогический состав, керамическое изделие.

Tatenova Mugzara Askarovna^{*1}

Master of Engineering and Technology,

L. N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan,
mugzara@mail.ru, ORCID ID: 0009-0004-2282-8711

Kaliev Zhanar Yeralinovna²

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,

L. N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan,
zhanna08047787@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-9033-2065

Umirzak Maksat Razakhuly³

Master of Engineering and Technology,

L. N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan,
maksat010219@mail.ru, ORCID ID: 0009-0002-0571-1779

Kayupova Zurani Botabaevna⁴

Master of Engineering and Technology,

L. N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan,
Kzb_nika@mail.ru, ORCID ID: 0009-0004-1381-4166

RESEARCH OF ASH AND SLAG WASTE USED IN THE PRODUCTION OF BUILDING CERAMIC PRODUCTS

Abstract. This work provides for the use of ash and slag waste from thermal power plants in the production of building ceramic products. The chemical composition and structural characteristics of raw materials, ash and slag and clay, are investigated. The content of the main elements and oxides, as well as the microstructure features of the components are determined. The physicomaterial properties of finished ceramic products with the addition of ash and slag in various proportions have been studied. The dependence of the performance characteristics of ceramics on the proportion of ash and slag in the composition of the raw material charge has been established. To improve the technological and operational characteristics of the product, the optimal proportions of the mixture have been determined, in which it is recommended to use ash in moderate quantities. The results obtained allow us to present ash and slag waste as a secondary raw material for the production of building ceramics.

Key words. Ash and slag, clay, industrial waste, chemical composition, mineralogical composition, ceramic product.

Кіріспе. Жылу электр станцияларында көмір мен отынның басқа түрлерін жағу кезінде пайда болатын күл-қож қалдықтарының жинақталуы қазіргі заманғы өнеркәсіптік өндірістің өзекті экологиялық проблемаларының бірі болып табылады. Жыл сайын күл-қож қалдықтарының едәуір көлемінің түзілуі қоршаған ортаның ластануына алып келеді, сондай-ақ халықтың денсаулығына қауіп төндіреді.

Бұл мәселені шешудің перспективалық бағыттарының бірі құрылыс материалдарын, соның ішінде құрылыс керамикалық бұйымдарын өндіруде күл-қож қалдықтарын қайталама пайдалану болып табылады. Күл-қож қалдықтарын қосымша шикізат ретінде пайдалану өнімнің өзіндік құнын төмендетуге, табиғи Шикізат шығынын азайтуға және сонымен бірге қалдықтардың жиналу мәселесін шешуге мүмкіндік береді. Сонымен қатар, күл-қож материалдарын керамикалық массаларға енгізу беріктік, тығыздық және аязға төзімділік сияқты дайын өнімнің физикалық-механикалық қасиеттеріне әсер етуі мүмкін [1,2,3,4].

Авторлар өз зерттеулерінде құрылыс керамикасында күл-қож қалдықтарын қолданудың әртүрлі тәсілдерін көрсетеді. Сонымен, авторлар [5] Қарағанды өнеркәсібіндегі күл қождарын қайта өңдеу мен кәдеге жаратудың заманауи трендтерін талдап, оларды қайта пайдаланудың негізгі бағыттарын бөліп көрсетеді.

Автор [6] өз зерттеулерінде жылу электр станцияларының күл қалдықтарының химиялық және гранулометриялық құрамын зерттеуге назар аударады, олардың әртүрлі салаларда, соның ішінде құрылыс индустриясында қолдануға жарамдылығын бағалайды. Ол күл-қождың қасиеттері бастапқы отынға және оны жағу жағдайларына айтарлықтай тәуелді екенін көрсетеді, бұл қалдықтардың әрбір түрін пайдаланудың жеке тәсілінің қажеттілігін анықтайды.

Авторлар [7] күл-қож қалдықтарын құрылыс материалдарын өндіру үшін қайталама шикізат ретінде пайдалану мүмкіндіктерін зерттейді. Олар қалдықтарды өндірістік процестерге енгізудің технологиялық аспектілерін қарастырады, қоспалардың оңтайлы концентрациясын анықтайды және олардың беріктік пен тығыздық сияқты дайын өнімнің негізгі көрсеткіштеріне әсерін бағалайды.

Келесі жұмыстың авторлары [8] модификацияланған күл-қож материалдарына ерекше назар аударады. Өз жұмыстарында олар мұндай модификациялардың жартылай құрғақ престелген керамикалық кірпіштің қасиеттеріне, соның ішінде өнімнің тығыздығына, беріктігіне және құрылымдық сипаттамаларына әсерін зерттейді. Зерттеулер көрсеткендей, құрамды түзету өнімнің пайдалану көрсеткіштерін едәуір жақсартуға мүмкіндік береді, бұл оны құрылыс индустриясында кеңінен қолдануға қосымша мүмкіндіктер ашады.

Қолданыстағы зерттеулерге қарамастан, керамикалық бұйымдар өндірісінде күл-қож қалдықтарын қолданудың көптеген аспектілері, соның ішінде химиялық және гранулометриялық құрамның дайын бұйымдардың физика-механикалық қасиеттері мен құрылымына әсері жеткілікті зерттелмеген күйінде қалып отыр.

Бұл зерттеудің жаңалығы құрылыс керамикасын өндіруде пайдалану кезінде күл қож қалдықтарының қасиеттерін зерттеу және олардың дайын өнімнің негізгі параметрлеріне әсерін бағалау болып табылады.

Зерттеу материалдары мен әдістері. *Шикізат материалдары.* Жұмысқа Павлодар кен орнының жоғары пластикалық қасиеттері мен қанағаттанарлық қалыптау сипаттамалары бар саз балшық пайдаланылды. Саз шикізаты аралас түрге жатады, көрнекі түрде саз ашық сұр реңктері бар сары түске ие, бұл карбонатты қоспалардың, темір оксидтерінің немесе басқа минералды қоспалардың құрамындағы өзгерістерді көрсетуі мүмкін.

Техногендік минералды қоспа ретінде жоғары күл көмірін жағу кезінде пайда болатын күл мен қож бөлшектерінің қоспасы болып табылатын Екібастұз МАЭС күл қожы қолданылды. Күл-қож материалы - жоғары біртектілігі бар және жанбаған органикалық бөлшектердің мүлдем жоқтығы бар ашық сұр түсті ұсақ күл. Сыртқы түрі бойынша күл шаң тәрізді құрылымға ие.

Саз бен күл-қождың ұнтақталған 0,5 өлшемдегі елек арқылы өткізілген түрлері 1 суретте көрсетілген.



а)



б)

1 сурет - Шикізат материалдары: а) саз; б) күл-қож

Зерттеу жұмыстары бірнеше кезеңде орындалды: шикізат материалдарын дайындау, үлгілерді қалыптау, кептіру және күйдіру, механикалық беріктікке сынау.

Алынған нәтижелер күл қожының қоспадағы мөлшеріне байланысты салыстырылып, материал сапасына ықпалы туралы қорытындылар жасалды.

Алдымен саз және күл-қож әртүрлі пропорцияда (жалпы массаның 0%, 10%, 15%, 20%) араласқан. Қоспа біртекті масса алынғанша суды қосу арқылы дайындалды (1 кесте).

1 кесте - Керамикалық бұйымды дайындауға арналған пропорциялар

№	Құрамы (жалпы массаның 0%)	Саз	Қалдық (күл-қож)	Су
1	күл-қож 0%	190 г	-	38,2 г
2	күл-қож 10%	171 г	19 г	38,0 г
3	күл-қож 15%	161,5 г	28,5 г	37,9 г
4	күл-қож 20%	152 г	38 г	38,1 г

Үлгілер диаметрі 50,5 мм және биіктігі 50,5 мм болатын цилиндрлік қалыптар түрінде қалыпталды. Қалыптау гидравликалық прессте 14 кН қысымда жүргізілді. Зерттелген нәтижелер 2 суретте көрсетілген.



а)



б)

2 сурет - Үлгілерді дайындау: а) қоспаның компоненттерін араластыру; б) үлгіні қалыптау

Престелген үлгілер біраз уақыт ауада тұрған соң, кептіруге жіберілді. Ылғалды толық шығару үшін біртіндеп 105 °С-қа дейінгі температурада 24 сағат бойы үлгілер кептірілді. Содан кейін кептірілген үлгілер электр пешіне салынып, бөлме температурасынан бастап біртіндеп 900-1000 °С-қа дейін қыздырылды да, жалпы 6 сағат бойы жоғары температурада ұсталды. Күйдіру аяқталған соң пештің қызуы біртіндеп төмендетіліп, үлгілер толық суытылды. Осындай термиялық өңдеу режимі құрамындағы компоненттердің толық күйіп-пісуін және беріктенген керамикалық құрылымдардың қалыптасуын қамтамасыз етеді.

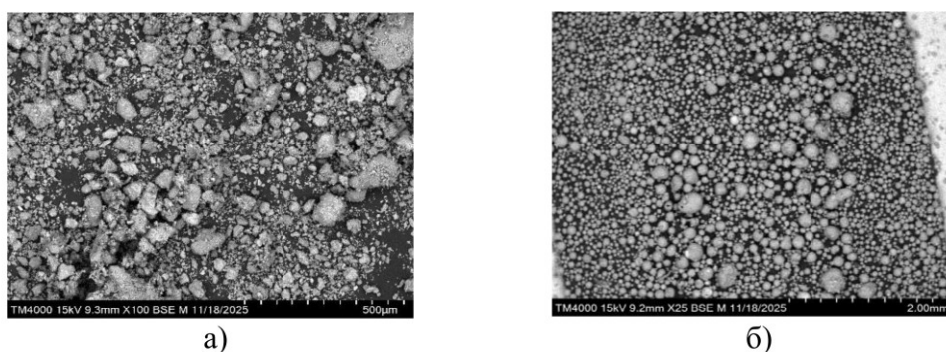
Дайын үлгілер ПГМ-500МГ4А гидравликалық пресстің көмегімен беріктік сынақтарынан өтті. Қысу беріктігі бойынша ең жақсы нәтижені 2-ші құрам көрсетті (4 кесте). Жүктеме астында материалдардың қирау сәтінде тіркелген ең жоғары кернеу мәні үлгілердің сығу беріктігі ретінде есепке алынды.

Сканерлеуші электронды микроскоп (SEM). Hitachi TM4000Plus құрылғысы көмегімен саз бен күл-қож материалдарының микроқұрылымы зерттелді. Әртүрлі үлкейту режимінде (25×–1000×) алынған микросуреттерден материалдардың құрылымы, кеуектілігі, бөлшектердің өлшемдері мен фазалық байланыстар анықталды.

Энергия-дисперсиялық рентген спектрометриясы (EDS). SEM құрылғысына біріктірілген EDS модулі арқылы қолданылған шикізат материалдарының элементтік

құрамы анықталды. Бұл құрылғы белгілі бір химиялық элементтердің үлгі бетіне кеңістіктік таралуын визуалды түрде көрсетуге мүмкіндік берді (сол немесе басқа элементтің қай жерде екенін көрсететін түсті карта). Зерттеу нәтижелері 4 суретте берілген.

Нәтижелер және оларды талқылау. *Физика-химиялық қасиеттері.* Сканерлеуші электронды микроскоп (SEM) көмегімен саз және күл-қож материалдарының микроструктурасы зерттелді. SEM талдауы үлгілердегі құрылымдық ерекшеліктерін бақылауға мүмкіндік берді.



3 сурет - Шикізат үлгілерінің жалпы көрінісі: а) саз балшық SEM, BSE режимі, $\times 100$ үлкейту; б) күл-қож SEM, BSE режимі, $\times 25$ үлкейту

3 суреттегі ұсынылған SEM кескінінде саз материалының түйіршікті-агрегаттық, түйіршікті құрылымы байқалады, бөлшектер негізінен бұрыштық және тұрақты емес пішінге ие. Өлшемдердің кең ауқымы байқалады - бірнеше микрондық тәртіптегі ұсақ бөлшектерден бастап жүздеген микронға дейінгі ірі агрегаттарға дейін. Техногенді қалдық қоспасына келетін болсақ, сфералық және әртүрлі мөлшердегі сфералық бөлшектерге жақын типтік кеуекті-қожды күл құрылымы көрсетілген. Бөлшектер негізінен изометриялық, дөңгелек дерлік. Кең гранулометриялық қатар бар - үлкен шарлардан бастап кішігірім сфераларға дейін. Осылайша, саздың бұрыштық және тығыз агрегатталған құрылымынан айырмашылығы, күл-қож материалдары жоғары дәрежеде сфероидты және кеуекті морфологиясымен ерекшеленеді, бұл олардың керамикалық қоспа ретінде тиімді қолданылуына ықпал етеді.

2 кесте - Шикізат материалдарының элементтік құрамы

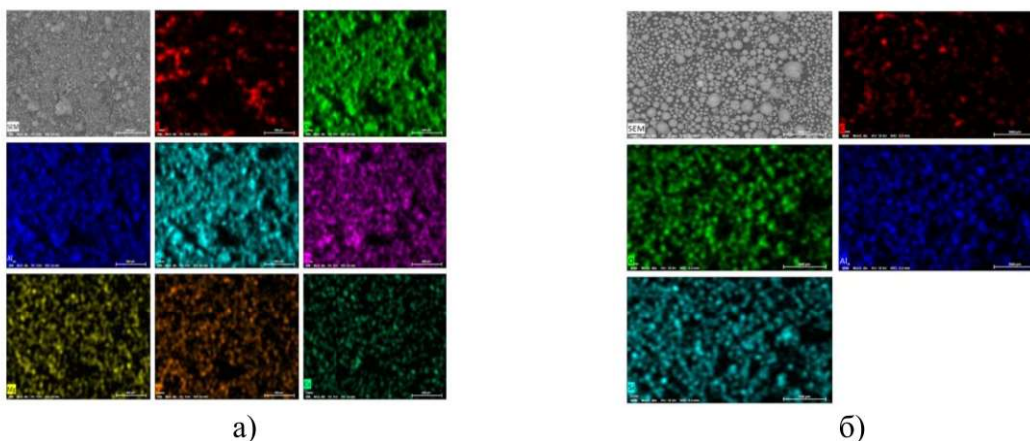
Элемент	O	Si	Al	Fe	K	Ti	Mg
Саз	45,68%	27,40%	10,73%	14,57%	0,72%	0,63%	0,27%
Күл-қож	48,97%	25,79%	19,88%	1,37%	0	0,77%	0,54%

Шикізат материалдарының химиялық құрамы 2 кестеде көрсетілген. Саз бен күлдің элементтік құрамы екі материалдың да айқын силикат негізі бар екенін көрсетеді, өйткені олардың негізгі бөлігі оттегі мен кремнийден тұрады. Саз балшық алюминийдің қалыпты үлесі кезінде (10,73%) темірдің жоғары мөлшерімен (14,57%) сипатталады, бұл табиғи саз минералдарына тән. Күлде, керісінше, алюминийдің едәуір жоғары концентрациясы (19,88%) және темірдің күрт төмендеуі (1,37%) байқалады, бұл жылу әсерінен минералды фазаның өзгеруін көрсетеді. Жалпы алғанда, саз біртекті табиғи құрамымен сипатталады, ал күл элементтердің алуан түрлілігімен және химиялық белсенділігінің жоғарылауымен сипатталады.

3 кесте - Шикізат материалдарының оксидтік құрамы

Оксид	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	K ₂ O	Na ₂ O	TiO ₂	CaO	MgO
Саз	46,37%	16,03%	14,83%	0,68%	0	0,84%	0	0,35%
Күл-қож	45,22%	30,78%	1,44%	0	1,13%	1,06%	0,81%	0,74%

3 кестеде берілген оксид құрамы материалдардың қасиеттеріндегі айырмашылықты анықтайды. Саздың құрамында SiO₂ және Al₂O₃ көп болғандықтан, икемділігі, қалыптылығы және ыстыққа төзімділігі бар, ал FeO үлесінің жоғарылауы агломерация температурасын төмендетеді және материалдың түсіне әсер етеді. Сілтілік оксидтердің төмен мөлшері сазды тұрақты етеді. Күл, керісінше, жоғары химиялық белсенділікті, флюстік қасиеттерді және балку мен агломерация температурасын төмендету қабілетін беретін Na₂O, CaO және MgO құрамының жоғарылауымен сипатталады. Жалпы алғанда, Саз неғұрлым икемді және тұрақты материал болып табылады, ал күл реактивті және технологиялық белсенді қоспа болып табылады.



4 сурет - Элементтердің таралу карталары: а) саз (C, O, Al, Si, Fe, Mg, K, Cu);
 б) күл-қож (C, O, Al, Si).

4 суреттегі элементтердің таралу картасы элементтердің саз балшық пен күл-қож материалдарында қалай бөлінетінін көрсетті, әр түс әртүрлі элементті білдіреді. Саз құрамында темір мен магнийдің жекелеген аймақтарда шоғырлануы байқалады. Күл-қож материалында кремний мен алюминийдің біркелкі таралуы оның шынытәрізді құрылымын дәлелдейді.

Физика-механикалық қасиеттері. Зерттеу нәтижелері керамикалық бұйымның құрамына күл-қож қалдықтарын қосу физика-механикалық қасиеттеріне әсер етенін көрсетеді. Күл мөлшері артқан сайын қалыптау массасының құрылымы азаяды, бұл өнімнің механикалық беріктігіне тікелей әсер етеді. Сығымдау сынақтары күл болмаған кезде беріктігі 8,42 МПа құрайды, бұл М75 кірпіш маркасына сәйкес келеді. 10% күлдің қосылуы беріктіктің 10,79 МПа-ға дейін өсуіне және марканың М100-ге дейін көтерілуіне әкеледі, бұл шикізат құрылымының оңтайландырылуын көрсетеді. Алайда, күлдің үлесі одан әрі 15%-ға дейін ұлғайған кезде беріктік 6,53 МПа-ға (М75 маркасы) дейін күрт төмендейді, бұл сазды байланыстырғыш мөлшерінің азаюымен және күлдің органикалық қоспаларының күйіп кетуіне және күйіп кетуіне байланысты кеуектіліктің пайда болуымен түсіндіріледі (4 кесте).

4 кесте - Қысуға беріктігін тексеру нәтижелері

№	Құрамы (жалпы массаның 0%)	Қысуға беріктігі, МПа	Кірпіш маркасы
1	күл-қож 0%	8,42	M75
2	күл-қож 10%	10,79	M100
3	күл-қож 15%	6,53	M75
4	күл-қож 20%	4,27	M50

Құрамына байланысты қысу беріктігі мен кірпіш маркасының өзгеруі 5 суретте көрсетілген.



5 сурет - Құрамына байланысты қысу беріктігі мен кірпіш маркасының өзгеруі.

Жалпы алғанда, талдау кірпіш өндірісінде күлді пайдалану мүмкін және технологиялық тұрғыдан негізделген екенін көрсетеді, бірақ өнім сапасының төмендеуін болдырмау үшін қатаң мөлшерлеуді қажет етеді.

Қорытынды. Зерттеу барысында керамикалық бұйымның құрамына күл-қож қалдықтарын қосудың материалдың химиялық құрамы мен физика-механикалық қасиеттеріне әсері анықталды. Элементтік және оксидтік талдау саз бен күл-қождың силикатты табиғатын растады, ал күл-қождың химиялық белсенділігі жоғары екені анықталды.

Физика-механикалық сынақтар нәтижесінде күл-қождың 10% мөлшерде қосылуы қысуға беріктікті 10,79 МПа-ға дейін арттырып, M100 маркалы кірпіш талаптарына сәйкестігін көрсетті. Ал күл-қож мөлшері 15–20% болған жағдайда беріктіктің төмендеуі байқалды, бұл кеуектіліктің артуымен және байланыстырушы фазаның азаюымен түсіндіріледі.

Жалпы алғанда, күл-қож қалдықтарын кірпіш өндірісінде қолдану технологиялық және экологиялық тұрғыдан тиімді болып табылады. Алайда жоғары сапалы өнім алу үшін күл-қождың оңтайлы мөлшері қадағалануы қажет.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1 Мальчик А. Г., Литовкин С. В., Родионов П. В. Исследование технологии переработки

золошлаковых отходов ТЭС при производстве строительных материалов // Современные наукоемкие технологии. – 2016. – № 3-1. – С. 60-64.

2 Худякова Л. И., Залуцкий А. В., Палеев П. Л. Использование золошлаковых отходов тепловых электростанций // XXI век. Техносферная безопасность. – 2019. – Т. 4. – № 3 (15). – С. 375-391.

3 Гурьева В. А., Дорошин А. В., Ильина А. А. Модифицированные золошлаковые отходы в производстве керамического кирпича полусухого прессования // Строительные материалы. – 2021. – № 12. – С. 28.

4 Лазарева Т. Л., Куликова Е. С. Исследование влияния отходов промышленности на свойства стеновой керамики // Технические науки – от теории к практике. – 2016. – № 2 (50). – С. 135-140.

5 А. Абдуллаева, А. Т. Такибаева. Современные тренды переработки и утилизации золошлаков в Караганде // Eurasian Scientific and Methodological Journal “East-West” – 2024 - № 4(4) – С.17-26.

6 Умбетова Ш. М. Изучение состава золоотходов тепловых электростанций для применения в различных областях хозяйства Республики Казахстан // ВЕСТНИК. Казахской головной архитектурно-строительной академии. Научный журнал - 2010 - №2 (36) – С.153-157.

7 Мальчик А. Г., Литовкин С. В. Изучение золошлаковых отходов для их использования в качестве вторичных ресурсов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований – 2015 - №9 – С.23-27.

8 Гурьева В. А., Дорошин А. В., Ильина А. А. Модифицированные золошлаковые отходы в производстве керамического кирпича полусухого прессования // Строительные материалы. – 2021. – №12. – С.28.

REFERENCES

1. Mal'chik A.G., Litovkin S.V., Rodionov P.V. Issledovanie tekhnologii pererabotki zoloshlakovyh othodov TES pri proizvodstve stroitel'nyh materialov. [Research of technology of processing of ash and slag waste of TPP in the production of building materials // Modern High Technologies.]. (2016): – № 3-1. – S. 60–64. – (In Rus)

2. Hudyakova L.I., Zaluckij A.V., Paleev P.L. Ispol'zovanie zoloshlakovyh othodov teplovyh elektrostancij. [Use of ash and slag waste from thermal power plants // XXI Century. Technosphere Safety.]. (2019): – Т. 4. – № 3 (15). – S. 375–391. – (In Rus)

3. Gur'eva V.A., Doroshin A.V., Il'ina A.A. Modificirovannye zoloshlakovyе othody v proizvodstve keramicheskogo kirpicha polusuhogo pressovaniya. [Modified ash and slag waste in the production of semi-dry pressed ceramic bricks // Stroitel'nye Materialy.]. (2021): – № 12. – S. 28. – (In Rus)

4. Lazareva T.L., Kulikova E.S. Issledovanie vliyaniya othodov promyshlennosti na svoystva stenovoj keramiki. [Study of the influence of industrial waste on the properties of wall ceramics // Technical Sciences – from Theory to Practice.]. (2016): – № 2 (50). – S. 135–140. – (In Rus)

5. Abdullaeva A., Takibaeva A.T. Sovremennye trendy pererabotki i utilizacii zoloshlakov v Karagande. [Modern trends in processing and disposal of ash and slag in Karaganda // Eurasian Scientific and Methodological Journal “East-West”.]. (2024): – № 4(4). – S. 17–26. – (In Rus)

6. Umbetova Sh.M. Izuchenie sostava zoloothodov teplovyh elektrostancij dlya primeneniya v razlichnyh oblastiakh hozyajstva Respubliki Kazahstan. [Studying the composition of ash waste from thermal power plants for use in various economic fields of the

Republic of Kazakhstan // VESTNIK of the Kazakh Head Academy of Architecture and Civil Engineering.]. (2010): – № 2 (36). – S. 153–157. – (In Rus)

7. Mal'chik A.G., Litovkin S.V. Izuchenie zoloshlakovyh othodov dlya ih ispol'zovaniya v kachestve vtorichnyh resursov. [Study of ash and slag waste for its use as secondary resources // International Journal of Applied and Fundamental Research.]. (2015): – № 9. – S. 23–27. – (In Rus)

8. Gur'eva V.A., Doroshin A.V., Il'ina A.A. Modificirovannyye zoloshlakovyye othody v proizvodstve keramicheskogo kirpicha polusuhogo pressovaniya. [Modified ash and slag waste in the production of semi-dry pressed ceramic bricks // Stroitel'nye Materialy.]. (2021): – № 12. – S. 28. – (In Rus)