



СӘУЛЕТ ЖӘНЕ ҚҰРЫЛЫС
АРХИТЕКТУРА И СТРОИТЕЛЬСТВО
ARCHITECTURE AND CONSTRUCTION

DOI 10.51885/1561-4212_2022_4_153
MPHTI 67.09.35

**С.А. Монтаев¹, Б.А. Омаров², А.Н. Рязанов³, Р.А. Риставлетов²,
К.Ж. Досов¹, Р.Н. Бегеев¹**

¹Жәңгір хан атындағы аграрлық техникалық университеті, Орал қ., Қазақстан
E-mail: montaevs@mail.ru

²М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент қ., Қазақстан
E-mail: omrbe@mail.ru*

³Уфа мемлекеттік мұнай техникалық университеті, Уфа қ., Башқұртстан
E-mail: aryazanov@hotmail.com
E-mail: rar_1967@mail.ru
E-mail: cargau_68@mail.ru
E-mail: begeevstu@mail.ru

КЕРАМИКАЛЫҚ ТӨСЕМДЕР АЛУ ҮШІН ШИКІЗАТ ҚОСПАСЫН ЗЕРТТЕУ
ИССЛЕДОВАНИЕ СЫРЬЕВОЙ СМЕСИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КЕРАМИЧЕСКОЙ БРУСЧАТКИ
RESEARCH OF THE RAW MATERIAL MIXTURE FOR THE PRODUCTION
OF CERAMIC PAVING STONES

Аңдатпа. Мақалада керамикалық төсемтас өндірісі үшін түйіршіктелген домна қожын пайдалану арқылы жүргізілген ғылыми-тәжірибелік жұмыстардың нәтижелері ұсынылған. Зерттеулер саздақ-бентонитті саз және «Арселор Миттал Темиртау» АҚ-ның домналық түйіршіктелген қожы шикізат жүйесінде жүргізілді.

Отандық және шетелдік ғалымдар еңбектерін аналитикалық шолудың нәтижелері бойынша демалыс саябақтарын, саяжолдарды, балалар алаңдарын, балабақшаларды, мектептерді, мәдениет және сауда объектілерін абаттандыру кезінде керамикалық төсемдерді пайдаланудың ерекше өзектілігі анықталды, өйткені олар жоғары экологиялығымен, атмосфералық әсерлерге төзімділігімен ерекшеленеді және эстетикалық түрге ие. Кептіру және күйдіру сатысында бұйымның физикалық-механикалық қасиеттерін жақсартатын қоспа ретінде керамикалық төсемдерді өндіру үшін «Арселор Миттал Темиртау» АҚ домна пешінің түйіршіктелген қожын пайдалану бойынша ғылыми-тәжірибелік жұмыстар жүргізілді. 1000 °C температурада домна пешінің түйіршіктелген қожының қоспасының мөлшеріне байланысты керамикалық төсем үлгілерінің физикалық-механикалық қасиеттерінің өзгеруінің негізгі заңдылықтары анықталды.

Домна пешінің түйіршіктелген қожының қоспасының мөлшерін 35 %-ға дейін арттыру керамикалық массаны сезімтал емес қоспалар санатына ауыстыратындығы анықталды.

Бұл қалыпталған үлгілерді кептіру жарықтарының жылдам қарқынмен кептіруге мүмкіндік береді. Түйіршікті қождың қоспасы мөлшері 35 %-ға дейін артуымен 1000 °C күйдіру температурасы кезінде үлгілердің беріктігінің өсуі қождың ең аз құрамымен салыстырғанда 1,5 есе дерлік құрайтыны анықталды. Рентгенді-фазалық және электронды-микроскопиялық талдау нәтижелері бойынша 1000 °C температурада күйген үлгілерде волластониттің (CaSiO₃) төмен температуралы түрімен кристалданған кеуектенген қож дәндері байқалатыны анықталды. Көп дәрежеде кристалданған қож дәндері домна пешінің түйіршіктелген қождың мөлшері 30-35 % құрайтын құрам үлгілерінде байқалады. Керамикалық массаның құрамында волластониттің болуы арматуралық компонент рөлін атқаратыны дәлелденді. Шынында да, жоғары беріктік көрсеткіштеріне күйдіру өнімдерінде волластониттің ең үлкен кристалдануы байқалған

құрамдарда қол жеткізу мүмкін екендігін атап өткен жөн.

Жүргізілген ғылыми-тәжірибелік жұмыстардың нәтижесінде сапа, эстетика, экологиялық, ресурс- және энергия үнемдеу талаптарына жауап беретін саздақ-бентонит – түйіршіктелген домна қожыны шикізат жүйесінде керамикалық төсемдерді өндірудің орындылығы дәлелденді.

Түйін сөздер: Домна түйіршіктелген қожыны; керамикалық төсем; саздақ; бентонит; күйдіру температурасы; волластонит; физикалық-механикалық қасиет; рентгенді-фазалық талдау; микроқұрылым.

Аннотация. В статье представлены результаты проведенных научно-экспериментальных работ по использованию гранулированного доменного шлака для производства керамической брусчатки. Исследования проводились в сырьевой системе суглинок-бентонитовая глина-доменный гранулированный шлак АО «Арселор Митталл Темиртау».

По результатам аналитического обзора трудов отечественных и зарубежных ученых установлена особая актуальность использования керамических брусчаток при благоустройстве парков отдыха, аллей, детских площадок, детских садов, школ, объектов культуры и торговли, так как они отличаются высокой экологичностью, долговечностью, устойчивостью к атмосферным воздействиям и обладают более эстетическим видом.

Проведены научно-экспериментальные работы по использованию доменного гранулированного шлака АО «Арселор Митталл Темиртау» для производства керамической брусчатки, в качестве добавки, улучшающие физико-механические свойства изделия на стадии сушки и обжига. Установлены основные закономерности изменения физико-механических свойств образцов керамической брусчатки в зависимости от количества добавки доменного гранулированного шлака при температуре обжига 1000 °С. Установлено, что увеличение количества добавки доменного гранулированного шлака до 35 % переводит керамическую массу в категорию малочувствительных смесей. Это позволяет, производит сушку отформованных образцов в ускоренном темпе без сушильных трещин. Установлено, что с увеличением количества добавки гранулированного шлака до 35 % рост прочности образцов при температуре обжига 1000 °С составляет почти в 1,5 раза по сравнению с минимальным содержанием шлака. По результатам рентгенофазового и электронно-микроскопического анализа установлено, что в образцах обожженных при температуре 1000 °С наблюдаются поризованные шлаковые зерна, закристаллизованные низкотемпературной формой волластонита (CaSiO₃). В большой степени закристаллизованных шлаковых зерен наблюдается у образцов составов, где количество доменного гранулированного шлака составляет 30-35 %. Доказано, что присутствие волластонита в составе керамической массы играет роль армирующего компонента. Действительно следует отметить, что высокие прочностные показатели достигается в тех составах, где в продуктах обжига наибольшая кристаллизация волластонита. В результате проведенных научно-экспериментальных работ доказано целесообразность производства керамических брусчаток в сырьевой системе суглинок-бентонит – гранулированный доменный шлак отвечающим требованиям качества, эстетичности, экологичности, ресурс- и энергосбережения.

Ключевые слова: Доменный гранулированный шлак; керамическая брусчатка; суглинок; бентонит; температура обжига; волластонит; физико-механические свойства; рентгенофазовый анализ; микроструктура.

Abstract. The article presents the results of scientific and experimental work on the use of granulated blast furnace slag for the production of ceramic paving stones. The research was carried out in the loam-bentonite clay-blast furnace granulated slag raw material system of Arcelor Mittal Temirtau JSC.

According to the results of an analytical review of the works of domestic and foreign scientists, the special relevance of the use of ceramic paving stones in the improvement of recreation parks, alleys, playgrounds, kindergartens, schools, cultural and trade facilities has been established, since they are highly environmentally, durable, resistant to atmospheric influences and have a more aesthetic appearance.

Scientific and experimental work has been carried out on the use of blast-furnace granulated slag of JSC «Arcelor Mittal Temirtau» for the production of ceramic paving stones, as an additive that improves the physical and mechanical properties of the product at the stage of drying and firing. The main regularities of changes in the physical and mechanical properties of ceramic paving stones samples depending on the amount of addition of blast furnace granulated slag at a firing temperature of 1000 °C are established. It was found that an increase in the amount of the addition of granulated blast furnace slag up to 35 % will transfer the ceramic mass into the category of low-sensitivity mixtures. This allows drying of molded samples at an accelerated pace without drying cracks. It was found that with an increase in the amount of granulated slag

additive up to 35 %, the strength of the samples at a firing temperature of 1000 °C is almost 1.5 times higher than the minimum slag content. According to the results of X-ray phase and electron microscopic analysis, it was found that in the samples burned at a temperature of 1000 °C, there are porous slag grains crystallized by a low-temperature form of wollastonite (CaSiO₃). To a large extent, crystallized slag grains are observed in samples of compositions where the amount of granulated blast furnace slag is 30-35 %. It is proved that the presence of wollastonite in the composition of the ceramic mass plays the role of a reinforcing component.

Indeed, it should be noted that high strength indicators are achieved in those compositions where the highest crystallization of wollastonite is in the firing products. As a result of the conducted scientific and experimental work, the expediency of the production of ceramic paving stones in the loam-bentonite – granulated blast furnace slag raw material system meeting the requirements of quality, aesthetics, environmental friendliness, resource and energy conservation has been proved.

Keywords: *Granulated Blast Furnace slag; ceramic paving stones; bentonite; loam; firing temperature; wollastonite; physical and mechanical properties; X-ray phase analysis; microstructure.*

Kipicne. Соңғы бірнеше жыл ішінде байқалған құрылыстың қарқынды өсуі керамикалық материалдар, соның ішінде керамикалық төсемдер өндірісін ұлғайту қажеттілігін тудырды.

Алайда, құрылыс индустриясы шикізат, әсіресе керамикалық құрылыс материалдарын өндіруде негізгі компонент болып табылатын жоғары сапалы саз шикізатының жетіспеушілігін сезіне бастады. Қазақстанның барлық дерлік аймақтарында сапалы саздың қоры шектеулі. Сондықтан керамикалық материалдарды өндіру үшін леске ұқсас саздақтар қолданылады, олар төмен бірігу қасиетімен және қажетсіз қоспалардың болуымен сипатталады. Қазіргі уақытта керамикалық материалдар өндірісінің өткір мәселелерінің бірі үлкен ресурс және энергия сыйымдылығы және дайын өнімнің төмен беріктік көрсеткіштері болып табылады. Өнімдерді күйдіру кезінде саздақтардың химиялық құрамының тұрақсыздығына байланысты минералды және құрылымдық процестер тіпті жоғары температурада да ($T = 1000...10500C$) толық жүрмейді.

Нәтижесінде отын-энергетикалық ресурстар сапасыз өнімдер шығаруға жұмсалады, ал осы шығындарды жабу үшін өнеркәсіпшілер сапасы төмен дайын өнімнің бағасын көтеруге мәжбүр болады.

Жоғарыда айтылғандарға байланысты мәселені шешудің басқа жолдарын іздеу керек - күшейтілген қаңқалық құрылымды құруға және бірігу температурасы төмендеген жағдайда қоспаның құрамдас бөліктерінің өзара әрекеттесу белсенділігін арттыруға ықпал ететін шикізаттың жаңа көздерін іздеу.

Қала аумағын дамытуда халықтың жайлы тұруы үшін оларды абаттандыру бойынша кешенді мәселелерді шешу ерекше рөл атқарады. Бұл ретте тротуарларды, аулаішілік жолдарды және балалар алаңдарын, сондай-ақ кіші бақтарды, саяжолдарды және саябақ аймақтарын абаттандыру маңызды міндеттердің бірі болып табылады. Қазіргі уақытта осы мәселелерді шешу үшін әртүрлі конфигурациядағы бетон төсемдер мен асфальтбетон кеңінен қолданылады. Алайда, тәжірибе көрсеткендей, бұл жолдарды пайдалану үрдісінде олардың бұзылуы жиі байқалады.

Бұл мәселені шешудің бір жолы – керамикалық материалдарды өндіруде техногендік өнімдерді пайдалану, олардың арасында домендік түйіршікті қожын ерекше орын алады. Жұқа дисперсті күйдегі кристалдану мен бірігудің жоғары белсенділігінің арқасында қожын сазды компоненттің көп бөлігін алмастыра алады және күйдіру кезінде жоғары беріктігі, суға төзімді, аязға төзімді, жонылуға төзімді керамикалық төсем алуға ықпал етеді.

Әдеби шолу. Экологиялық қолайсыз аймақтарда, әсіресе тұзды топырақты жерлерде, қоршаған ортаның агрессивтілігі салдарынан жолдарды, тротуарларды, алаңдарды және басқа да объектілерді төсеу үшін қолданылатын материалдар тез тозады, нәтижесінде бұл

нысандар тез істен шығады. Осыған байланысты жоғары механикалық көрсеткіштері мен химиялық төзімділігі бар жол керамикалық төсемдерін алу технологиясын әзірлеу өзекті болып табылады [1].

Жол керамикалық төсемі – бұл керамикалық кірпіштің аналогы, ол геометриялық өлшемі, құрылымы және кейбір физикалық-химиялық қасиеттері бойынша ерекшеленеді [2,3].

Техногендік шикізат әртүрлі құрылыс материалдарын өндіруде құнды компонент болып табылады. Металлургиялық өндірістердің қож қалдықтарын пайдалану табиғи ресурстарды сақтаудың, табиғатты ұтымды пайдаланудың және инженерлік шешімдерді оңтайландырудың өзекті экологиялық міндеттерін шешеді. Сонымен қатар, кейбір өндіріс қалдықтарының азаюына және басқалардың өнім сапасының артуына әкелетін өндірістік ынтымақтастық, сөзсіз, үш киттен тұратын – экономикалық даму, әлеуметтік жауапкершілік және қоршаған ортаға деген жауапкершіліктің тұрақты даму тұжырымдамасына енеді.

Қара (домна, болат балқыту, ферроқорытпа, шойын пештік) және түсті (мыс балқыту, никель, алюминий) металлургия қалдықтары металлургиялық қожындарға жатады. 1 т балқитын металға 0,04-0,7 т қожын түзіледі [4-6].

Құрылыс керамикасында қайталама материалдық ресурстарды қолдану көлемінің ұлғаюына қарамастан, металлургиялық қожындарды пайдалану үлесі жеткіліксіз болып қалуда. Жоғарыда айтылғандардың бәрі ресурстарды үнемдеу үшін айтарлықтай қор туралы айтады.

Мысалы, қара металлургия қожындарын бірігу тазартқышы және белсендіргіші ретінде қолдану қабырға керамикасын алу технологиясының тиімділігін арттырады (белгілі бір мөлшерде пайдаланған кезде), табиғи минералдық және энергетикалық ресурстарды үнемдеуге және бұл ретте жоғары сапалы бұйымдар шығаруға мүмкіндік береді [7].

Домна пешінің қожы-бұл негізінен силикаттар мен кальций алюминаттарынан тұратын металл емес өнім, бұйымның шөгуін төмендету үшін арнайы дайындалған шамот орнына пайдалануға болады, және де құрылыс керамикасының сұранысты қасиеттерін өзгерту үшін пайдалануға болады.

Бұрын қож қалдықтарын цемент пен бетон, қабырға керамикасы, соның ішінде беттік керамикалық кірпіш өндірісінде тазартқыш және байланыстырғыш ретінде пайдалану мысалдары сипатталған. Әдеби мәліметтерге сәйкес, қожды термиялық өндеудің жоғары температурасы (1100 °C дейін) алынған балқыманың мөлшерін көбейту арқылы үлгінің қарқынды сұйық фазалық синтезделуімен, сондай-ақ керамикалық материалдың құрылымына күшейтетін әсер ететін тізбекті құрылымның волластонит-диопсидті қатты ерітіндісін қалыптастыру арқылы оның кристалдануымен сипатталады. Қождың бұл әрекеті оны материалдарды жағу кезінде қатайтатын фазаларды синтездеу үшін техногендік прекурсор ретінде қарастыруға мүмкіндік береді [8-21].

Әртүрлі керамикалық бұйымдарды өндірудегі негізгі шикізат-кең таралған саз материалдары [22-24].

Ғалымдар [25] «Курбановское» лесса ұқсас саздан және Өзбекстан Республикасының Ургенш қаласының қалдық жинау бекеттерінде жинақталған түрлі түсті ыдысты шыны қалдықтары пайдаланылған шыны ұнтағынан керамикалық төсемдерді синтездеу бойынша зерттеулер жүргізді. Тәжірибе нәтижесінде керамикалық төсемдердің бірігу дәрежесінің жоғарылауымен оның тығыздығы, механикалық беріктігі, қаттылығы, химиялық төзімділігі және әртүрлі белсенді құралдардың әсеріне төзімділігі артып, газ бен су өткізгіштігі төмендейтіні анықталды.

Керамикалық материалдар тұздардың, қышқылдардың және сілтілердің ерітінділеріне қатысты жоғары химиялық төзімділікке ие (98-99 %). Осы қасиеттің арқасында өнімдер сульфат тұздарының, қышқылдардың және сілтілердің әсерінен бұзылмайды, сонымен қатар эстетикалық көрініске ие.

Алайда, Қазақстан жерінде таралған төмен сұрыпты құмдалған лесса тәрізді саздарды пайдалану ашық кеңістіктерде ұзақ уақыт пайдалануға төтеп бере алатын жоғары физикалық-механикалық қасиеттері бар керамикалық материалды алуға мүмкіндік бермейді.

Авторлардың зерттеулері [26] бентонитті қолдана отырып, композициялық керамикалық массалардағы құрылымдық өзгерістерін зерттеуге бағытталған. Нәтижелер көрсеткендей, бентонит табиғи пластификатор ретінде қоспаның қалыптық қасиеттерін жақсартады және құрылған муллит кристалдық фазасының ілінісі мен өлшемдерін өзгерте отырып, механикалық кедергіні жоғарылатады.

Бразилияның Баия штатында [27] кірпіш, блок және плиткаларда пайдалану үшін құрылымдық керамикалық қаңқа алу үшін жалпы салмақтың 0,5 және 10 % көлемінде бентонитпен құрамын байытып, қарапайым саздан үлгілер дайындау жұмыстары жүргізілген.

Украина, Германия, Франция және Португалия (шамамен 3×10^6 т жыл – 1) жерлеріндегі саздардың қасиеттерін жақсарту бойынша зерттеулерінде Италияның Сардиния [28, 29] жеріндегі бентонитті 5-10 % қосқан жағдайда жоғары беріктікті қамтамасыз ететіндігін көрсетті. Реологиялық зерттеулер ығысу мен уақытқа байланысты бентониттің болу әсерін тексеру үшін дайындалған суспензияларда жүргізілді.

Қожындарды пайдалану бойынша көптеген зерттеулер негізінен қабырғалық керамикалық материалдарды алу технологиясына арналған. Бұл технологиялар негізінен пластикалық және жартылай құрғақ керамикалық массаларды қалыптауға негізделген. Сонымен қатар, өнімнің мөлшері мен түрлері Мемлекеттік стандарттар бойынша қатаң реттеледі және керамикалық төсемдер ретінде пайдалануға арналмаған.

Сондықтан тротуарларда, саяжолдарда, саябақ аймақтарында, аулаішілік жолдарда, балалар алаңдарында, автотұрақтарда және басқа да қалалық аумақтарда пайдалану мақсатында әртүрлі пішін, түстердегі және конфигурациялардағы керамикалық төсемдерді алу үшін жаңа ғылыми-технологиялық зерттеулер қажет.

Бұл зерттеулер, шикі зат таңдау, шикі зат дайындау бойынша, араластыру, қалыптау, кептіру және күйдіру кезеңдерінде басым факторларды ескеретін шикізат қоспасының тиімді құрамын дайындау бойынша технологиялық тапсырмалардың шешімдерін құрамына кіргізеді. Сонымен қатар, ресурс және энергия үнемдеуге қатысты сұрақтар шешімін табуы қажет.

Жұмыстың мақсаты – керамикалық төсемдерді өндіруге арналған домна пешінің түйіршікті қожы мен саз негізіндегі керамикалық массаларды зерттеу.

Материалдар және зерттеу әдістері. Бастапқы кезеңде таңдалған шикізаттың физика-механикалық қасиеттері мен химиялық-минералогиялық сипаттамаларын зерттеу бойынша жұмыстар жүргізілді. Төменде жүргізілген зерттеулердің нәтижелері келтірілген.

Үлгілердің жергілікті элементтік құрамын анықтау үшін энергия дисперсиялық микроталдаманы JSM-6390LV маркалы растрлі электронды микроскопия әдісі қолданылды, ал химиялық элементтік құрамды анықтау үшін индуктивті байланысқан плазмалы ICP-MS Agilent 7500cx маркалы масс-спектрометрия әдісі қолданылды.

Минералды құрамды анықтау үшін X'Pert PRO MPD маркалы рентгенді дифрактометрия әдісі қолданылды.

Үлгілердің рентгенді фазалық талдамасы (РФА) арнайы аппарат ДРОН-3 көмегімен орындалды.

Зерттелетін шикізат материалдары ретінде Түркістан облысы саздақ (суглинок) және бентонитті саздары таңдалды.

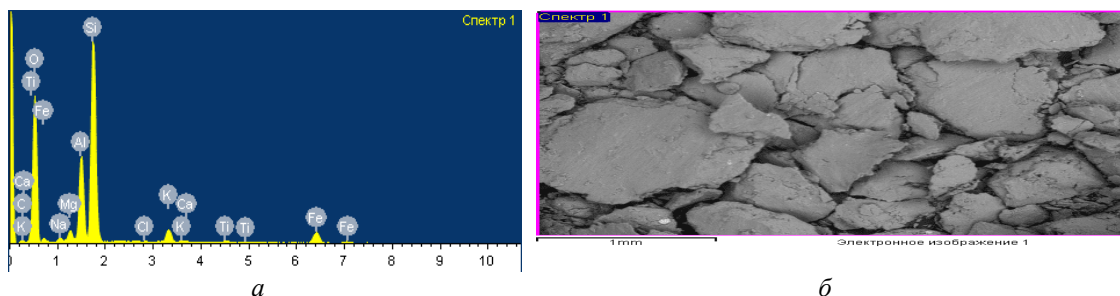
Бастапқы күйінде саздақ ашық қоңыр түсті болды және бағдарланбаған құрылымымен және алеврит құрылымымен сипатталды. Тау жынысында кальций карбонаттары үлкен (3-5 мм-ге дейін) қоспалар түрінде де, өте жұқа күйде де (пелитаморфты карбонаттар) болады. Бентонит балшықтары сары, қызыл және қоңыр түстермен араласқан сұр-жасыл түске ие болды және құрылымның 2 түрінің болуымен сипатталды: бағытталған және үлкен дисперсті құрылымы бар. Жүргізілген химиялық талдау нәтижелері 1-кестеде келтірілген.

1-кесте. Түркістан облысы Ордабасы ауданының сазды жыныстарының химиялық құрамы

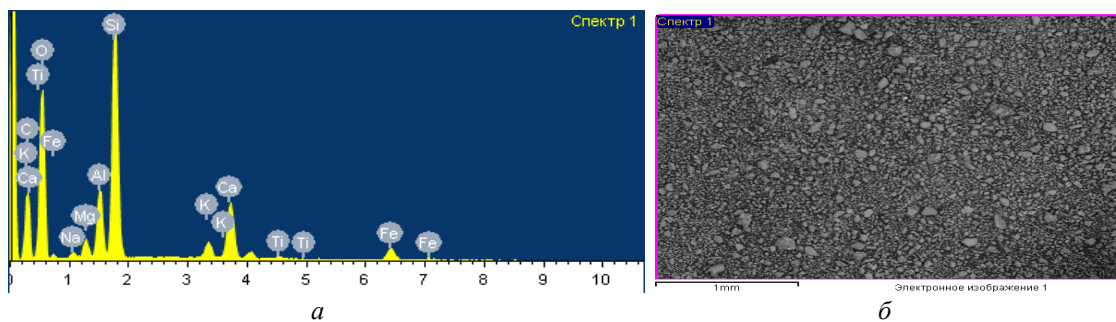
Шикізат	Компоненттердің салмақтық үлесі, %									
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	SO ₃	б.ү.к
Саздақ	53,0	11,0	4,2	0,68	10,8	2,72	1,366	3,48	0,23	12,0
Бентонит	54,2	14,5	8,0	0,9	2,62	2,16	0,86	3,28	3,61	9,4

МЕСТ 9169-75 сәйкес негізгі оксидтердің (Al₂O₃ және қыздырылған затқа Fe₂O₃) құрамы бойынша зерттелетін жыныстарды қышқыл (саздақ) және жартылай қышқыл (бентонит саздары) құрамында бояғыш оксидтері жоғары топтарға, атап айтқанда Fe₂O₃ деп жіктеуге болады.

Рентгендік фазалық талдау бойынша саздақтың сазды бөлігі каолиниттен тұратын мономинералды, ал бентонитті саз негізінен монтмориллонит пен каолиниттен тұрады. Аз мөлшерде саздақта гидрослюда бар. Саздақтың сазды емес бөлігінде бос кварц, кальцит CaCO₃, дала шпаттары (микрклимат KAlSi₃O₈, альбит NaAlSi₃O₈), слюда анықталған.



3-сурет. Бентонит сазының микроқұрылымы және спектрлері:
а – бентонитті саздың микроқұрылымы; б – бентонит сазының спектрлері



4-сурет. Саздақтың микроқұрылымы мен спектрлері:
а – саздақтың микроқұрылымы; б – саздақ спектрлері

«Арселор Миталл Темиртау» АҚ домна пешінің түйіршіктелген қожының химиялық құрамы 4-кестеде көрсетілген.

4-кесте. «Алселор Миталл Темиртау» АҚ доменді түйіршіктелген қожының химиялық құрамы

Шикізат атауы	Оксидтердің құрамы, салмақ %												
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	FeO	MgO	SO ₃	Na ₂ O	K ₂ O	CO ₂	TiO ₂	ShO	б.ұ.к.
«Арселор Миталл Темиртау» АҚ домна пешінің түйіршіктелген қожыны	40,62	16,24	0,19-0,52	42,11	0,43	5,33-10,39	1,66	0,36-1,5	0,42-1,32	-	0,62-0,88	0,11-1,37	0,92

Қожынды балқыманың түйіршіктену үрдісіндегі лезде салқындауы оның негізгі шынытәріздес құрылымымен байланысты болады. Оның құрамында шыныфаза 65-97% құрайды.

950-1000 °С аралығында температуралық өңделген қожынның рентгенді фазалық талдамасы оның құрамындағы волластонит (d/n = 3,85; 3,50; 3,30; 2,96; 2,706; 2,55; 2,34; 2,18; 2,02; 1,82; 10-10 м), мелилиттің (d/n=3,06; 2,86; 2,47; 2,30; 1,98; 1,88; 10-10 м) және кюспидин (d/n=3,30; 3,06; 2,55; 2,30*10-10 м) бар екендігін көрсетеді.

Нәтижелер мен талқылаулар. Зерттеулер нәтижелері бойынша саздардың гранулометриялық құрамы шаңды фракциялардың едәуір құрамымен бір-біріне ұқсас екендігі анықталды, ал олар саз компоненті мен құмды фракцияда ерекшеленеді. Айта кету керек, бентонит сазында саздаққа қарағанда жартысы көп саз және аз құм бар.

Ірі түйіршікті қосындыларды анықтау кезінде екі саз материалы кесектердің өлшемдері 10 мм-ден аспайтын етіп ұсақталып, бір тәулік ішінде суда ерітілді. Осыдан кейін № 05 елекпен қалған қалдық анықталды. Құмайдылық көрсеткіші № 0063 електегі қалдық бойынша бағаланды. Зерттеу нәтижелері № 5 кестеде келтірілген.

5-кесте. Ірі түйіршікті қосындылар және сазды жыныстардың құмдылығы

Қасиеттер атауы	Құрамы, %
-----------------	-----------

	саздақ	бентонит
Ірі түйіршіктігі	0,4	2,4
Құмдылығы	7,8	3,4

Саздардың қалыптау ылғалдылығы органолептикалық әдіспен анықталды, содан кейін ылғалдылық салмақтық өлшеу әдісімен бекітілді. Зерттелген саздақтар мен бентониттер үшін қалыптау ылғалдылығы 15,94 % және 31,58 % құрады.

Иленгіштіктігі екі саз үшін де ГОСТ 21216-2014 сәйкес теңестіру конусы әдісімен анықталды. Саздың иленгіштік қасиеттерін сипаттайтын мәліметтер № 6 кестеде келтірілген.

6-кесте. Түркістан облысы Ордабасы ауданы сазды жыныстарының иленгіштік көрсеткіштері

Шикізат атауы	Шекаралық шектер жағдайындағы құрамның абсолютті ылғалдылығы, %		Иленгіштік саны
	Төменгі акқыштық шегі	Шашылу шектері	
Саздақ	23,85	19,22	4,63
Бентонитті саз	61,06	40,02	21,04

Сазды шикізаты үшін қабылданған иленгіштік саны бойынша жіктеуге сәйкес саздақ аз иленгішті шикізат, ал бентонит сазы орташа иленгішті сазға жатады.

Керамикалық төсемдерді алу үшін құрамдарды жасау мақсатында төрт керамикалық құрамы дайындалды. Керамикалық құрамдар 7-кестеде келтірілген арақатынаста құрғақ саздақ, бентонит және домна пешінің түйіршікті қожын ұнтақтарын араластыру арқылы дайындалды.

7-кесте. Керамикалық массалардың зерттелетін құрамы

Құрамдар нөмірлері	Салмақтық үлес, %		
	саздақ	бентонит	Домна пешінің түйіршектелген қожыны
1	70	25	5
2	60	30	10
3	50	35	15
4	40	40	20
Қоспасыз бақылау құрамдары	80	20	–

Керамикалық массаларды дайындау үшін шикізаттық материалдар алдымен кептіру шкафында 70-80 °С температурада 5-7 % қалдық ылғалдылыққа дейін кептіріліп, 1,0 мм електен толық өткенге дейін зертханалық шар диірменінде ұнтақталды.

Алынған ұнтақтар зерттелетін композицияларға сәйкес мөлшерленіп, біртекті қоспаны алғанға дейін зертханалық араластырғышта мұқият араластырылды. Содан кейін құрғақ қоспаға 10-12 % дейін су қосылып, біртекті қоспаны алғанға дейін қайтадан араластырылды. Ылғалданған керамикалық масса қоспаны толығымен қанықтыру үшін эксикаторда 48 сағат бойы сақталды.

Тұндыру мерзімі біткеннен соң керамикалық массаны дірілді-сығу әдісімен 50x50 мм-лік өлшемдегі цилиндрлік үлгілерде қалыптанды. Қалыптанған үлгіледі кептіру шкафтарында тұрақты массаға дейін $t = 70-80$ °С температурасында кептірілді. Кептірілген

үлгілер СНОЛ 58/350 маркалы электр пешінде 1100 °С температурада күйдірілді. Температураны көтеру жылдамдығы 150 °С/сағ құрады. Күйдірілген үлгілер пеш өшіріп бөлме температурасына дейін салқындатылды.

Термоөңдеуден өткізілген үлгілердің физикалық-механикалық қасиеттерін анықтау мақсатында сынақтар жүргізілді. Зерттелетін физикалық-механикалық қасиеттер ретінде Чижинский әдісімен кептіруге сезімталдық коэффициенті, сығу және иілу кезіндегі беріктік шектері, орташа тығыздық, су сіңіргіштігі және суыққа төзімділігі таңдалынып алынды.

Кептіруге сезімталдық критерийі ретінде жаңадан жасалған үлгіні ондағы жарықтар пайда болғанға дейін сәулелі жылу ағынымен әшкерелеу кезеңінің ұзақтығы қабылданған (үлгі өлшемі 55x55x10 мм). Жарықтар пайда болғанға дейінгі сәулелену кезеңі үш үлгіні сынау нәтижесінен орташа арифметикалық ретінде анықталды және керамикалық массаны кептіруге сезімталдықты бағаланды: жоғары сезімталдық-100 секундтан аз, орташа сезімталдық – 101-108 секунд, төмен сезімталдық – 180 секундтан астам.

Осы техникаға сәйкес жоғары сезімтал керамикалық массалар сәулелену кезінде оларда жарықтар жылдам пайда болады. Орташа сезімтал және төмен сезімтал керамикалық массаларда алғашқы жарықтар ұзаққа созылған сәулеленуде пайда болады. Сондықтан керамикалық масса кептіруге жоғары сезімтал болады, жылу әсерінен алғашқы жарықтар тезірек пайда болады.

Жүргізілген ғылыми-тәжірибелік жұмыстардың нәтижелері 8-кестеде келтірілген.

8-кесте. 1100 °С температурада термиялық өңделген керамикалық үлгілердің физикалық-механикалық қасиеттері

Құрамдар нөмірлері	Кептіруге сезімталдық коэффициенті, секунд	Орташа тығыздық, г/см ³	Беріктік, МПа		Су сіңіргіштігі, %	Суыққа төзімділік, циклдар
			Сығу кезінде	Иілу кезінде		
1	115	1,64	21,7	2,3	13,2	65
2	140	1,75	28,3	3,4	12,2	78
3	175	1,85	32,2	4,4	9,5	91
4	185	1,92	41,4	6,8	6,2	100 жоғары
Қоспасыз бақылау үлгілері	105	1,65	17,6	2,1	18,6	30

Бастапқы кезеңде үлгілердің физикалық-механикалық қасиеттерінің домендік түйіршікті қожын қоспасының мөлшерінен өзгеру заңдылығын анықтау үшін зерттеулер шикі үлгілерде жүргізілді. Зерттелетін қасиеттер ретінде кептіру қасиеттерінің критерийі ретінде Чижский әдісімен кептіруге сезімталдық коэффициенті, қалыптау қасиеттерінің критерийі ретінде шикізаттың беріктігі және үлгілердің технологиялық қасиеттерінің критерийлерінің бірі ретінде орташа тығыздық таңдалды. Керамикалық массаның зерттелген құрамынан шикізаттың беріктігін анықтау үшін диаметрі мен биіктігі 50 мм болатын цилиндр үлгілері жасалды. Цилиндрлердің кептірілген үлгілері гидравликалық пресстегі қысу беріктігін анықтау үшін жалпы белгіленген әдіс бойынша сыналды.

Алынған ғылыми-тәжірибелік жұмыстардың нәтижелері көрсеткендей, түйіршіктелген домна пешінің қожының дисперсиясының жоғарылауымен керамикалық массаның кептіру қасиеттері жақсарады. Атап айтқанда, зерттелген қоспаны жоғары сезімталдық категориясынан орташа сезімталдық санатына ауыстырған түйіршікті қожын ұнтақтарын қолданатын керамикалық масса. Домна пешінің түйіршіктелген қожын 35 %-ға дейін одан

әрі ұлғайту керамикалық массаны сезімтал емес қоспалар санатына ауыстырады. Бұл әсер бентонит саздақтың дисперсті бөлшектерін пластикалық емес түйіршікті қождың жұқа бөлшектерімен кептіруге өте сезімтал болып көрінуімен түсіндіріледі. Нәтижесінде майда ұнтақталған қождың ұсақ бөлшектері ылғалдың керамикалық массадан ақауларсыз және кептіру жарықтарынсыз оңай тасымалдануына ықпал етеді.

1000 °С температурада термиялық өңделген үлгілердің физикалық-механикалық қасиеттерін талдау нәтижесінде домна пешінің түйіршіктелген қожын қоспасының мөлшеріне байланысты олардың өзгеруінің негізгі заңдылықтарын анықтауға мүмкіндік берді. Домна пешінің түйіршіктелген қожы мөлшерінің жоғарылауымен үлгілердің сығылуы мен иілуінде орташа беріктік пен тығыздықтың жоғарылауы байқалады.

1100 °С температурада күйдірген кезде аталған қасиеттері көрсеткіштерінің ұлғаю дәрежесі жоғарлайды. Осылайша орташа тығыздық 1,64 тен 1,92 г/см³-қа дейін, ал сығу кезіндегі беріктік 21,7 кгс/см²-дан 41,4 кгс/см² дейін жоғарлайды.

Салыстырмалы талдау көрсеткендей, 1100 °С жану температурасында үлгілердің беріктігінің артуы түйіршікті қож қоспасының мөлшерін 20 %-ға дейін жеткізгенде 1,5 есе арттырады. Түйіршікті қождың жұқа дисперсті ұнтақтары жоғары температураның әсерінен сазды минералдармен композициядағы синтездеу процесін күшейтеді. Түйіршіктелген қождың меншікті бетінің жоғарылауының арқасында күйдіру кезеңде ғана емес және қалыптау және кептіру кезеңдерінде үлгілердің физикалық-механикалық қасиеттерін жақсартуға итермелейтін шикізаттық қоспадағы ұсақ бөлшектер арасындағы байланыстар санының ұлғаюынан реакциялық мүмкіншілігі артуы ықтимал.

Рентгенограммаларда (8-сурет) □- валлостонита рефлекстерінің лезде ұлғаюы, кварц рефлекстерінің мәнді түрде төмендеуі байқалады. Және валлостониттің – 2,97x10⁻¹⁰ м негізгі сызықтарының абсолютті ұлғаюы байқалады.

Волластонит-CaSiO₃ химиялық формуласы бар табиғи кальций силикаты. Табиғи волластонит инелер тәрізді кристалдардың құрылымымен сипатталады, олардың бөлінуі кезінде инелер тәрізді дәндер пайда болады.

Волластонит дәнінің ине тәрізді формасы оның микро-күшейтегін толтырғыш ретінде негізгі бағытын анықтайды. Сондықтан керамикалық массаның құрамында волластониттің болуы арматуралық компонент рөлін атқарады.

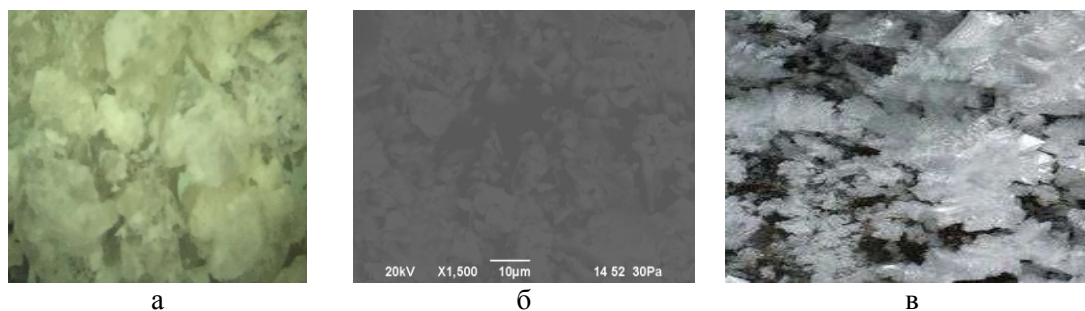
Шынында да, жоғары беріктік көрсеткіштеріне күйдіру өнімдерінің □- валлостониттің кішігірім кристалданатын құрамдарында қол жеткізуге болады.

Микроскоп астында (6-сурет) 1100 °С температурада күйдірілген волластониттің төмен температуралы түрімен кристалданған кеуектенген қож дәндері байқалады. Көп дәрежеде кристалданған шлак дәндері домна пешінің түйіршіктелген қож мөлшері 20 % құрайтын құрам үлгілерінде байқалады.

Қож түйірлерінің арасында жартылай аморфты саз минералдары мен кварц сынықтары бар. Сыну көрсеткіші 1,500-1,520 болатын әйнектің пайда болуы байқалады, бұл эвтектикалық балқымалардың пайда болуын көрсетеді. Дала шпаты ішінара сынуға бейім.



5-сурет. 1100 °С температурада күйген үлгілердің рентгенограммасы



6-сурет. Үлгілердің микросуреттері

а) термиялық өңдеусіз домналық түйіршіктелген қождың дәндері, б) $T = 1100\text{ }^{\circ}\text{C}$ температурасында күйдірілген керамикалық төсем үлгілері, в) домналық түйіршіктелген қождың дәндерінен кристалданған волластониттің инелі минералдары.

Үлгілердің қалыптау және түпкілікті қасиеттерінің жақсару фактілері су сіңіру көрсеткіштерінің өзгеруімен расталады. Су сіңіру көрсеткіштерінің өзгеруін талдау домна пешінің түйіршіктелген қожы санының көбеюімен олардың көрсеткіштерінің айтарлықтай төмендегенін көрсетеді. $11000\text{ }^{\circ}\text{C}$ күйдіру температурасы кезінде күйдірілген үлгілердің су сіңіру көрсеткіштерінің төмендеуі $13,2\%$ -дан $6,2\%$ -ға дейін құрайды.

Қорытынды. 1. Отандық және шетелдік ғалымдар еңбектерін аналитикалық шолудың нәтижелері бойынша демалыс саябақтарын, саяжолдарды, балалар алаңдарын, балабақшаларды, мектептерді, мәдениет және сауда нысандарын абаттандыру кезінде керамикалық төсемдерді пайдаланудың ерекше өзектілігі анықталды, өйткені олар жоғары экологиялығымен, атмосфералық әсерлерге төзімділігімен ерекшеленеді және эстетикалық түрге ие.

2. Керамикалық төсем өндіруде кептіру және күйдіру сатысында бұйымның физикалық-механикалық қасиеттерін жақсартатын қоспа ретінде «Арселор Миталл Темиртау» АҚ домна пешінің түйіршіктелген қожын пайдалану бойынша ғылыми-эксперименттік жұмыстар жүргізілді.

3. $1100\text{ }^{\circ}\text{C}$ температурада домна пешінің түйіршіктелген қожын қоспасының мөлшеріне байланысты керамикалық төсем үлгілерінің физикалық-механикалық қасиеттерінің өзгеруінің негізгі заңдылықтары анықталды.

4. Домна пешінің түйіршіктелген қожын қоспасының мөлшерін 20% -ға дейін арттыру керамикалық массаны сезімтал емес қоспалар санатына ауыстыру анықталды. Бұл қалыпталған үлгілерді кептіру сызаттарысыз жылдам қарқынмен кептіруге мүмкіндік береді.

5. Рентгенді-фазалық және электронды-микроскопиялық талдау нәтижелері бойынша $1100\text{ }^{\circ}\text{C}$ температурада күйген үлгілерде волластониттің (CaSiO_3) төмен температуралы түрімен кристалданған кеуектенген қожын дәндері байқалатыны анықталды. Көп дәрежеде кристалданған қожын дәндері домна пешінің түйіршіктелген қожының мөлшері 20% құрайтын құрам үлгілерінде байқалады.

6. Керамикалық массаның құрамында волластониттің болуы арматуралық компонент ролін атқаратыны дәлелденді. Шынында да, беріктіктің жоғары көрсеткіштері күйдіру өнімдерінің ішінде волластониттің кішігірім кристалдану байқалған құрамдарға тән екендігі анықталынды.

7. Жүргізілген ғылыми-тәжірибелік жұмыстардың нәтижесінде сапа, эстетика, экологиялық, ресурс және энергия үнемдеу талаптарына жауап беретін саздақ-бентонит –

түйіршіктелген домна пешінің түйіршектелінген қожын шикізат жүйесінде керамикалық төсемдерді өндірудің орындылығы дәлелденді.

Әдебиеттер тізімі

1. Джуманиязов З.Б., Бабаев З.К., Шарипов Д.Ш. Дорожная керамическая брусчатка на основе местных лессовидных пород модифицированный стеклобоем // Universum: технические науки: электрон. научн. журн. 2021. 1(82). URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/11197> (дата обращения: 24.01.2021).
2. Золотарский А.З. Производство керамического кирпича. – М.: Высш. шк., 1989. – 264 с.
3. Пашенко А.А. Общая технология силикатов. – Киев: Высш. Шк., 1983. – 408 с.
4. Иванов А.С., Евтушенко Е.И. Стеновые керамические материалы с использованием металлургического шлака // Строительные материалы. – 2009. – № 7. – С. 64–65.
5. Абдрахимов В.З., Абдрахимова Е.С. Физико-химические процессы структурообразования в керамических материалах на основе отходов цветной металлургии и энергетики. Усть-Каменогорск: Восточно-Казахстанский технический университет, 2000. – 374 с.
6. Сулейменов С.Т. Физико-химические процессы структурообразования в строительных материалах из минеральных отходов промышленности. 1. М.: Манускрипт, 1996. – 298 с.
7. Рыщенко М.И., Белостоцкая Л.А., Щукина Л.П., Трусова Ю.Д., Павлова Л.В., Галушка Я.О. Утилизация металлургических шлаков в производстве стеновой керамики // Экология и промышленность. – 2017. – № 2. – С. 78-84.
8. Столбоушкин А.Ю., Бердов Г.И., Зоря В.Н., Столбоушкина О.А., Пермиков А.А. Влияние добавки ванадиевого шлака на процессы структурообразования стеновой керамики из техногенного сырья // Строительные материалы. – 2014. – № 3. – С. 73–80.
9. Туева Т.В., Сакова А.А., Бороздина Е.А., Немирова Е.А. Определение оптимального количества гранулированного доменного шлака ОАО «СЕВЕРСТАЛЬ» в составе керамики на основе глин Горбовского месторождения. Инновационное развитие территорий. Международная научно-практическая конференция. Череповец. 2015. С. 30–32.
10. Рыщенко М.И., Белостоцкая Л.А., Щукина Л.П., Трусова Ю.Д., Павлова Л.В., Галушка Я.О. Керамические строительные материалы с использованием шлаковых отходов чугунолитейного производства // Экология и промышленность. – 2018. – № 2. – С. 67-73.
11. Перепелицын В.А., Коротеев В.А., Рывин В.М., Григорьев В.Г., Игнатенко В.Г., Абызов А.Н., Куталов В.Г. Высокоглиноземистые вторичные минеральные ресурсы черной и цветной металлургии // Огнеупоры и техническая керамика. – 2011. – № 6. – С. 42-50.
12. Гусева Ю.О., Сычева Т.С., Моторина Т.С., Сериченко Ю.С., Боброва З.М. Формирование шлаков металлургического передела и основные направления их применения // Теория и технология металлургического производства. – 2013. – № 1. – С. 59-62.
13. Федосеева Г.Р., Салахов А.М., Нафиков Р.М., Хацринов А.И. Влияние карбонатсодержащих пород на свойства керамических материалов // Вестник технологического университета. – 2010. – Т. 8. – С. 225-231.
14. Ковков И.В., Абдрахимова Е.С., Абдрахимов В.З. Физико-химические процессы при различных температурах обжига керамического кирпича на основе бейделлитовой глины, фосфорного шлака и золошлака // Известия Самарского научного центра РАН. – 2009. – Т. 11. – № 5. – С. 24-31.
15. Зубехин А.П., Яценко Н.Д., Филатова Е.В., Боляк В.И., Вережкин К.А. Влияние химического и фазового состава на цвет керамического кирпича // Строительные материалы. 2008. № 4. – С. 31-33.
16. Зубехин А.П., Яценко Н.Д., Филатова Е.В., Боляк В.И., Вережкин К.А. Керамический кирпич на основе различных глин: фазовый состав и свойства // Строительные материалы. – 2010. – № 11. – С. 47-49.
17. Шильцина А.Д., Верещагин В.И. Влияние шлака ТЭС на спекание, фазовый состав и свойства керамики // Известия вузов: Строительство. – 1999. – № 10. – С. 38-40.
18. Довженко И.Г. Лицевой керамический кирпич светлых тонов с применением отхода черной металлургии // Стекло и керамика. – 2011. – № 8. – С. 11-13.
19. Абдрахимова Е.С. К вопросу об изоморфизме при обжиге глинистых материалов различного химико-минералогического состава // Известия вузов: Строительство. – 2008. – № 5. – С. 28-

- 33.
20. Абдрахимова Е.С., Абдрахимов В.З. Фазовые превращения при обжиге легкоплавких глин // *Материаловедение*. – 2007. – № 8. – С. 35-41.
 21. Шевандо В.В., Шевандо М.П., Абдрахимов В.З., Абдрахимова Е.С. Физико-химические процессы, протекающие при обжиге керамического кирпича с использованием золы ТЭС и карбонатного шлама // *Башкирский химический журнал*. – 2006. – Т. 13. – № 5. – С. 23-29.
 22. V.G. Li, T.H. Yeh. Sintering effects on the development of mechanical properties of fired clay ceramics. *Materials Science and Engineering: A*. 2008, 485, 5-13. DOI 10.1016/j.msea.2007.07.068
 23. C. Mohmoudi, E. Srasra, Ф. Zargouni The use of Tunisian Barremian clay in the traditional ceramic industry: Optimization of ceramic properties. *Applied Clay Science*. – 2008, 42, 125-129 <https://doi.org/10.1016/j.clay.2007.12.008>
 24. Wanda A. Allo, Murray H.H. Mineralogy of clays. *Applied Clay Science*. <https://doi.org/10.1016/j.clay.2003.10.003>
 25. З.К. Бабаев, Д.Ш. Шарипов, З.Б. Джуманиязов Дорожная керамическая брусчатка на основе лесовых пород Узбекистана. *Технические науки*. 2021, 1 (82), 76-79
 26. de Figueirêdo J.M.R., Sousa Silva J.R., de Araújo Neves G., Ferreira H.C., de Lima Santana L.N. Influence of processing variables on clay-based ceramic formulations // *Materials Research*. 2018, 22. DOI 10.1590/1980-5373-MR-2018-0548
 27. Dos Santos L.M., Medeiros V.M.B., Valenzuela M.D.G.D.S., Diaz F.R.V., de Oliveira O.M. Characterization of bentonite beneficiation residue for use in structural ceramics. *Minerals, Metals and Materials Series*. 2020, Part F1, 459-467. DOI 10.1007/978-3-030-36628-5_45
 28. F. Andreola, C. Siligardi, T. Manfredini, C. Carbonchi. Rheological behaviour and mechanical properties of porcelain stoneware bodies containing Italian clay added with bentonites. *Ceramics International*. 2009, 35, Issue 3, 1159-1164. DOI 10.1016/j.ceramint.2008.05.017
 29. M. O'Driscoll, Ukraine's mineral. First steps in world market. *Ind. Miner.* 1998, 21-43.

References

1. Dzhumaniyazov Z.B., Babaev Z.K., SHaripov D.SH. Dorozhnaya keramicheskaya bruschatka na osnove mestnyh lessovidnyh porod modifitsirovannyj stekloboem // *Universum: tekhnicheskie nauki: elektron. nauchn. zhurn.* 2021. 1(82). URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/11197> (data obrashcheniya: 24.01.2021).
2. Zolotarskij A.Z. *Proizvodstvo keramicheskogo kirpicha*: - M.: Vyssh. shk., 1989. – 264 s.
3. Pashchenko A.A. *Obshchaya tekhnologiya silikatov*. – Kiev: Vycsh. SHk., 1983. – 408 s.
4. Ivanov A.S., Evtushenko E.I. Stenovye keramicheskie materialy s ispol'zovaniem metallurgicheskogo shlaka // *Stroitel'nye materialy*. – 2009. – № 7. – S. 64-65.
5. Abdrahimov V.Z., Abdrahimova E.S. *Fiziko-himicheskie processy strukturoobrazovaniya v keramicheskikh materialah na osnove othodov cvetnoj metallurgii i energetiki. Ust'-Kamenogorsk: Vostochno-Kazahstanskij tekhnicheskij universitet*, 2000. – 374 s.
6. Sulejmenov S.T. *Fiziko-himicheskie processy strukturoobrazovaniya v stroitel'nyh materialah iz mineral'nyh othodov promyshlennosti*. – M.: Manuskript, 1996. – 298 s.
7. Ryshchenko M.I., Belostockaya L.A., SHCHukina L.P., Trusova YU.D., Pavlova L.V., Galushka YA.O. Utilizaciya metallurgicheskikh shlakov v proizvodstve stenovoj keramiki // *Ekologiya i promyshlennost'*. 2017. – № 2. – S. 78-84.
8. Stolboushkin A.YU., Berdov G.I., Zorya V.N., Stolboushkina O.A., Permyakov A.A. Vliyanie dobavki vanadievogo shlaka na processy strukturoobrazovaniya stenovoj keramiki iz tekhnogennogo syr'ya // *Stroitel'nye materialy*. – 2014. – № 3. – S. 73-80.
9. Tueva T.V., Sakova A.A., Borozdina E.A., Nemirova E.A. Opredelenie optimal'nogo kolichestva granulirovannogo domennogo shlaka OAO «SEVERSTAL'» v sostave keramiki na osnove glin Gorbovskogo mestorozhdeniya. *Innovacionnoe razvitie territorij. Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya. CHerepovec*. – 2015. – S. 30-32.
10. Ryshchenko M.I., Belostockaya L.A., SHCHukina L.P., Trusova YU.D., Pavlova L.V., Galushka YA.O. Keramicheskie stroitel'nye materialy s ispol'zovaniem shlakovyh othodov chugunolitejnogo proizvodstva // *Ekologiya i promyshlennost'*. – 2018. – № 2. – S. 67-73.
11. Perepelicyan V.A., Koroteev V.A., Rytvin V.M., Grigor'ev V.G., Ignatenko V.G., Abyzov A.N., Kutralov V.G. Vysokoglinozemistye vtorichnye mineral'nye resursy chernoj i cvetnoj metallurgii // *Ogneupory i tekhnicheskaya keramika*. – 2011. – № 6. – S. 42-50.
12. Guseva YU.O., Sycheva T.S., Motorina T.S., Serichenko YU.S., Bobrova Z.M. Formirovanie

- shlakov metallurgicheskogo peredela i osnovnye napravleniya ih primeneniya // Teoriya i tekhnologiya metallurgicheskogo proizvodstva. – 2013. – № 1. – S. 59-62.
13. Fedoseeva G.R., Salahov A.M., Nafikov R.M., Hacrinov A.I. Vliyanie karbonatsoderzhashchih porod na svoystva keramicheskikh materialov // Vestnik tekhnologicheskogo universiteta. – 2010. – T. 8. – S. 225-231.
 14. Kovkov I.V., Abdrahimova E.S., Abrahamov V.Z. Fiziko-himicheskie processy pri razlichnyh temperaturah obzhiga keramicheskogo kirpicha na osnove bejdellitovoy gliny, fosfornogo shlaka i zoloshlaka // Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra RAN. – 2009. – T. 11. – № 5. – C. 24-31.
 15. Zubekhin A.P., Yacenko N.D., Filatova E.V., Bolyak V.I., Verevkin K.A. Vliyanie himicheskogo i fazovogo sostava na cvet keramicheskogo kirpicha // Stroitel'nye materialy. – 2008. – № 4. – S. 31-33.
 16. Zubekhin A.P., YAcenko N.D., Filatova E.V., Bolyak V.I., Verevkin K.A. Keramicheskij kirpich na osnove razlichnyh glin: fazovyy sostav i svoystva // Stroitel'nye materialy. – 2010. – № 11. – S. 47-49.
 17. SHil'cina A.D., Vereshchagin V.I. Vliyanie shlaka TES na spekanie, fazovyy sostav i svoystva keramiki // Izvestiya vuzov: Stroitel'stvo. – 1999. – № 10. – S. 38-40.
 18. Dovzhenko I.G. Licevoj keramicheskij kirpich svetlyh tonov s primeneniem othoda chernoy metallurgii // Steklo i keramika. – 2011. – № 8. – S. 11-13.
 19. Abdrahimova E.S. K voprosu ob izomorfizme pri obzhige glinistykh materialov razlichnogo himiko-mineralogicheskogo sostava // Izvestiya vuzov: Stroitel'stvo. – 2008. – № 5. – S. 28-33.
 20. Abdrahimova E.S., Abrahamov V.Z. Fazovye prevrashcheniya pri obzhige legkoplavkiy glin // Materialovedenie. – 2007. – № 8. – S. 35-41.
 21. SHevando V.V., SHevando M.P., Abdrahimov V.Z., Abdrahimova E.S. Fiziko-himicheskie processy, protekayushchie pri obzhige keramicheskogo kirpicha s ispol'zovaniem zoly TES i karbonatnogo shlama // Bashkirskij himicheskij zhurnal. – 2006. – T. 13. – № 5. – S. 23-29.
 22. V.G. Li, T.H. Yeh. Sintering effects on the development of mechanical properties of fired clay ceramics. *Materials Science and Engineering: A*. 2008, 485, 5-13. DOI 10.1016/j.msea.2007.07.068
 23. S. Mohmoudi, E. Srasra, F. Zargouni The use of Tunisian Barremian clay in the traditional ceramic industry: Optimization of ceramic properties. *Applied Clay Science*. – 2008, 42, 125-129 <https://doi.org/10.1016/j.clay.2007.12.008>
 24. Wanda A. Allo, Murray H.H. Mineralogy of clays. *Applied Clay Science*. <https://doi.org/10.1016/j.clay.2003.10.003>
 25. Z.K. Babaev, D.SH. SHaripov, Z.B. Dzhumaniyazov Dorozhnaya keramicheskaya bruschatka na osnove lessovykh porod uzbekistana. *Tekhnicheskie nauki*. 2021, 1 (82), 76-79
 26. de Figueirêdo J.M.R., Sousa Silva J.R., de Araújo Neves G., Ferreira H.C., de Lima Santana L.N. Influence of processing variables on clay-based ceramic formulations // *Materials Research*. 2018, 22. DOI 10.1590/1980-5373-MR-2018-0548
 27. Dos Santos L.M., Medeiros V.M.B., Valenzuela M.D.G.D.S., Diaz F.R.V., de Oliveira O.M. Characterization of bentonite beneficiation residue for use in structural ceramics. *Minerals, Metals and Materials Series*. 2020, Part F1, 459-467. DOI 10.1007/978-3-030-36628-5_45
 28. F. Andreola, C. Siligardi, T. Manfredini, C. Carbonchi. Rheological behaviour and mechanical properties of porcelain stoneware bodies containing Italian clay added with bentonites. *Ceramics International*. 2009, 35, Issue 3, 1159-1164. DOI 10.1016/j.ceramint.2008.05.017
 29. M. O'Driscoll, Ukraine's mineral. First steps in world market. *Ind. Miner.* – 1998, 21-43.