

УДК 691.4:553.611(575.22)

КОМПЛЕКСНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ГЛИНЫ МЕСТОРОЖДЕНИЯ АБШИР

Г.С. Калыкова

Рассматриваются сырьевые материалы месторождений южного региона Кыргызской Республики. В качестве объекта исследований использовано глинистое сырье месторождения Абшир Наукатского района. Представлены экспериментальные данные по химическому, минералогическому, гранулометрическому анализу, данные анализа содержания водорастворимых солей. Исследованы технологические показатели керамики: формовочная влажность, пластичность, воздушная, огневая и полная усадка, чувствительность глин к сушке, водопоглощение и предел прочности при сжатии керамических образцов. Приведены результаты рентгено-термографического анализа по минеральному составу абширской глины, а также ее химический состав по содержанию Al_2O_3 и TiO_2 . Исследуемая глина является запесоченной, с большим содержанием SiO_2 , что подтверждено гранулометрическим анализом. Сделано заключение о пригодности использования абширской глины в керамической промышленности для производства стеновых материалов (кирпич, блоки), плитки для полов, канализационных труб и кислотоупорных изделий.

Ключевые слова: керамика; природная глина; каолинит; гидрослюда; водорастворимые соли; рентгенограмма; дериватограмма; технологические свойства.

АБШЫР КЕНИНИН ЧОПОСУН КОМПЛЕКСТҮҮ ИЗИЛДӨӨ

Г.С. Калыкова

Макалада Кыргыз Республикасынын Түштүк аймагындагы кендердин чийки заттары каралат. Изилдөө объектиси катары Ноокат районунун Абшыр кенинен алынган чопо чийки заты пайдаланылган. Химиялык, минералогиялык, гранулометриялык анализ боюнча эксперименттик маалыматтар, сууда эрүүчү туздардын курамын талдоо боюнча маалыматтар келтирилген. Керамиканын технологиялык көрсөткүчтөрү изилденген: калыптоо нымдуулугу, ийкемдүүлүгү, аба, от аркылуу толук кичирейүү, чополордун кургатууга сезгичтиги, сууну сиңирүү жана керамиканын үлгүлөрдү кысуудагы бекемдиктин чеги. Абшыр чопосунун минералдык курамына, ошондой эле анын Al_2O_3 жана TiO_2 курамы боюнча химиялык курамына рентген-термографиялык анализдин натыйжалары берилген. Изилденген чопо кумдуу, курамында SiO_2 көп, бул гранулометриялык анализ менен тастыкталган. Абшыр чопосун керамика өнөр жайында дубал материалдарын (кирпич, блокторду), полго плиткаларды, канализациялык трубаларды жана кислотага чыдамдуу буюмдарды чыгаруу учун колдонуунун ылайыктуулугу жөнүндө корутунду чыгарылды.

Түйүндүү сөздөр: керамика; табигый чопо; каолинит; гидрослюда; сууда эрүүчү туздар; рентгенограмма; дериватограмма; технологиялык касиеттери.

COMPREHENSIVE RESEARCH OF CLAY OF THE ABSHIR DEPOSIT

G.S. Kalykova

This article examines raw materials from the deposits of the southern region of the Kyrgyz Republic. Clay raw materials from the Abshir Nookat region were used as objects of research. Experimental data on chemical, mineralogical, granulometric analysis, analysis data on the content of water-soluble salts are presented. Investigated ceramic - technological indicators - as molding moisture, plasticity, air, fire and complete shrinkage, the sensitivity of clays to drying, water absorption and compressive strength of ceramic samples. The results of X-ray and thermographic analysis showed that in terms of mineral composition, the Abshir clay belongs to polymineral with a predominant content of kaolinite with an admixture of montmorillonite and hydromica. It was determined that according to the chemical composition, the Abshir clay, according to the content of Al_2O_3 and TiO_2 , is classified as semi-acidic and with a low content of coloring oxides. The studied clay is sandy, which is confirmed by the SiO_2 content by granulometric analysis.

Based on the results of the study, a conclusion was made about the suitability of using the studied clay in the ceramic industry for the production of wall materials (bricks, blocks), floor tiles, sewer pipes and acid-resistant products.

Keywords: ceramics; natural clay; kaolinite; hydromica; montmorillonite quartz; water-soluble salts; X-ray diffraction pattern; derivatogram; technological properties.

Введение. Выявление новых запасов местных сырьевых глинистых материалов и изучение их физико-химических свойств для дальнейшего использования в производстве керамических изделий является актуальной задачей и требует научных исследований.

Кыргызская Республика располагает огромными запасами полезных ископаемых. Среди них особое место занимают нерудные ископаемые – глинистые породы – главное сырье для производства строительных материалов.

К основным видам естественного сырья для производства керамических изделий могут быть отнесены глины, каолины, песок, полевые шпаты, кварциты, тальк и др. Качество исходного сырья в значительной мере предопределяет технические свойства готовой продукции [1].

На юге республики имеются месторождения беложгущихся каолиновых глин. Одно из них – буругольное месторождение Абшир, которое административно принадлежит Наукатскому району Ошской области. Географически оно расположено в предгорьях Алайского хребта, на правом борту нижнего течения р. Абшир-Сай. Предварительно оно был исследовано УГиОН при СМ Киргизской ССР в 1959–1961 гг. Было выявлено два пласта каолиновых глин, мощностью от первых метров до 25 м, прослеженных в сублитропном простирании с вертикальным залеганием ($80\text{--}90^\circ$) среди углеродистых и углисто-глинистых сланцев. Наиболее перспективный пласт зафиксирован на участке Карьерный, прослеживающийся через карьер на восток и перекрывающийся мощными четвертичными отложениями на западном фланге. Серые глины, аргиллиты и алевролиты пестроцветной свиты юры и мела с другими отложениями, образуют вскрышу угольного карьера на участке Абшир – Карьерный. Имеется легкоплавкие и тугоплавкие разновидности глин, которые могут использоваться для изготовления стеновых материалов (кирпич, блоки), плиток для полов, канализационных труб и кислотоупорных изделий [2].

Химический, гранулометрический и минеральный состав природных дисперсных минералов (почв, лессов, глин и др.), а также присутствующие в них водорастворимые соли, играют существенную роль при производстве различных керамических изделий. Данные химического, гранулометрического и минералогического состава природных дисперсных минералов, с одной стороны, дает возможность сделать расчет сырьевых смесей, а с другой – управлять физико-механическими свойствами в процессе производства керамических материалов.

Автором был проведен химический, механический, минералогический анализ глин Абширского месторождения. Исследованы керамико-технологические свойства глины.

Материалы и методы исследования. Физико-химические и технологические свойства сырьевых материалов в основном определяются присутствием определенных количеств того или иного глинистого минерала.

Для установления минералогического состава исследуемой глины были использованы рентгено-термографические и химические методы исследования. Для рентгено-дифрактометрического и дифференциально – термогравиметрического анализа из образцов была выделена глинистая фракция путем «отмучивания» в дистиллированной воде при нормальных условиях в соответствии с методикой работы [3].

Рентгенодифрактометрический анализ проводили на рентгеновском дифрактометре ДРОН-3. При съемке дифрактограммы было использовано $\text{Si}_{\text{K}\alpha}$ -излучение, β -фильтр. Условия съемки дифрактограмм: $U = 35 \text{ кВ}$; $I = 20 \text{ мА}$; съемка $\theta\text{--}2\theta$, детектор 2 град/мин. Рентгенофазовый анализ на полуколичественной основе выполнен по дифрактограммам порошковых проб с применением метода равных навесок и искусственных смесей. Определялись количественные соотношения кристаллических фаз. Интерпретацию дифрактограмм проводили с использованием данных картотеки ICDD: база

порошковых дифрактометрических данных PDF2 (Powder Diffraction File) и дифрактограммам чистых от примесей минералов.

Термографическое исследование проводили на дериватографе фирмы «МОМ», Будапешт (Венгрия). Исследование основано на регистрации прибором изменений термохимических и физических параметров глины, которые могут быть вызваны при ее нагревании. Термическое состояние пробы описывалось кривыми: Т (температурное), ДТА (дифференциальное термоаналитическое), ТГ (термогравиметрическое) и ДТГ (дифференциальное термогравиметрическое). Режим нагрева печи – линейный (10 град/мин), эталонное вещество – прокаленный Al_2O_3 . Навеска образца составляла 500 мг, при чувствительности весов – 100 мг.

Съемку анализа осуществляли в следующих пределах измерительных систем приборов: ДТА = 250, ДТГ = 500, ТГ = 500, Т = 500.

Для проведения химического анализа состава исследуемых глин по ГОСТ Р 52540–2006 [4] были подготовлены технологические пробы – ТП-2 по общеизвестной методике силикатного анализа [5].

Гранулометрический состав глинистого сырья определяли пипеточным методом по ГОСТ 21216-2014 и методом Рутковского, описанным в работах [6, 7].

Содержание крупнозернистых включений, формовочная влажность, пластичность, воздушная усадка на образцах размером $50 \times 50 \times 10$ мм определены методикой по ГОСТ 21216–2014 [6].

Анализ содержания водорастворимых солей в исследуемой глине определяли по методике водной вытяжки, описанной в работе [8]. Содержание ионов щелочных металлов натрия и калия проведено по ГОСТ 23268.6–78 и ГОСТ 23268.7–78 [9, 10] методом пламенной фотометрии.

Огневую и полную усадку определяли на образцах размером $50 \times 50 \times 10$ мм по методике, описанной в работе [11].

Коэффициент чувствительности исследуемых глин определяли на образцах размером $50 \times 50 \times 10$ мм по методу А.Ф. Чижского, изложенному в работе [12].

Водопоглощение образцов $50 \times 50 \times 10$ мм, обожженных при температурах 900 и 1000 °С, проводили по методике, изложенной в ГОСТ 7025–91 [13].

Предел прочности на сжатие определяли на образцах $40 \times 40 \times 160$ мм, обожженных при 1000 °С согласно ГОСТ 8462–85 [14] на гидравлическом прессе мощностью 10 т.

Результаты исследования и обсуждения. Результаты рентгенографического исследования показывают (рисунок 1), что на рентгенограммах исследуемой технологической пробе глины имеются линии с межплоскостными расстояниями: $d = 7.14735, 4.38621, 4.16294, 3.57097, 2.56324, 2.49020, 2.38287, 2.37444$ Å, указывающие на присутствие каолинового минерала; обнаруживаются линии с межплоскостными расстояниями: $d = 9.96603, 4.97903, 4.46446, 2.98346, 2.59416, 2.56324, 2.38287, 2.12494, 1.98812$ Å, свидетельствующие о присутствии в глине минералов гидрослюдистой группы; линии с межплоскостными расстояниями: $d = 15.07318$ Å, указывающие о присутствии монтмориллонита; появляются линии с межплоскостными расстояниями: $d = 12,44294$ ССМ¹ Å и линии с межплоскостными расстояниями: $d = 4.250883.33914, 2.45367, 2.45367, 2.27946, 2.23277, 2.12494, 1.81564, 1.66800$ Å, характеризующие присутствие в глине группы минералов окислов кремния (кварца, кристобалита и халцедона).

Результаты полуколичественного рентгенофазового анализа показывают, что в технологической пробе глины Абширского месторождения основными составляющими минералами являются: каолинит, содержание которого составляет 47,8 %, кварц – 27,7 %, монтмориллонит – 12,9 %, слюда – 7,3 % и ССМ – 4,4 %. Приведенные выше данные свидетельствуют о том, что исследуемая технологическая проба глины месторождения Абшир по минералогическому составу относится к полиминеральным. Оно, в основном, содержит каолинит с примесями монтмориллонита и гидрослюды, непластичная часть которого сложена минералами группы окислов кремния (кварц, кристобалит и халцедон).

¹ ССМ – смешанно-слоистые минералы.

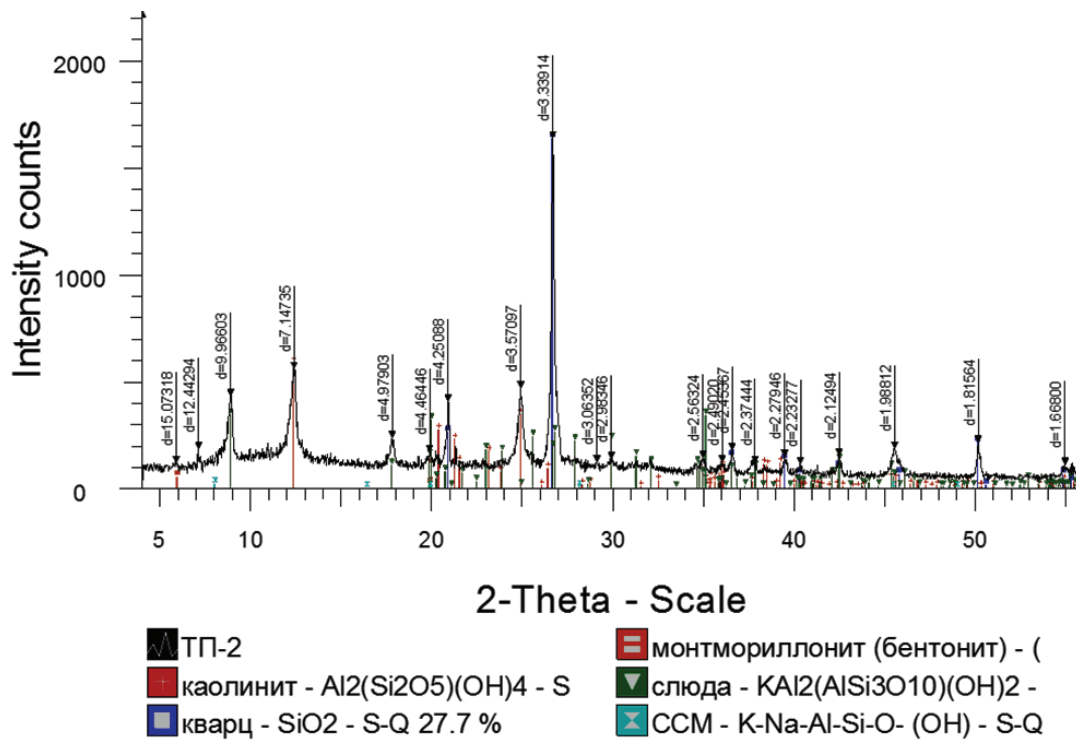


Рисунок 1 – Дифрактограмма глины месторождения Абшир

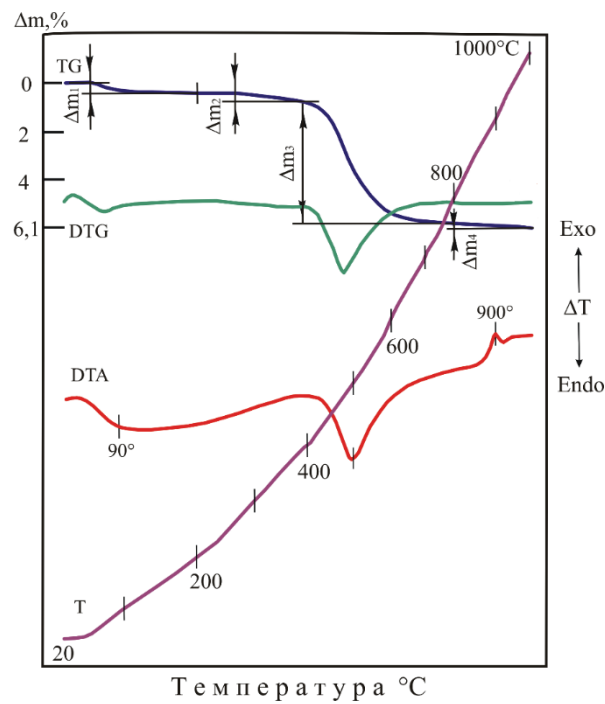


Рисунок 2 – Дериватограмма технологической пробы

На кривых нагревания (ДТА) технологической пробы (ТП-2) исследуемой глины (рисунок 2) обнаруживаются слабый эндотермический эффект при 90 °С, интенсивный эндотермический эффект при 480–500 °С и экзотермический эффект в области 900 °С, характерные для минерала каолинита.

Первый эндоэффект соответствует удалению адсорбированной воды, второй эндоэффект обусловлен удалением структурных гидроксильных групп (дегидроксилизацией), сопровождающийся разрушением кристаллической решетки каолинита и связан с кристаллизацией аморфных продуктов каолинита и монтмориллонита с образованием нового кристаллического вещества [15, с. 60–84]. Данные термического анализа полностью соответствуют результатам рентгенофазового полуколичественного анализа пробы (ТП-2) исследуемой глины Абширского месторождения.

По данным термогравиметрического исследования определена потеря веса глины при нагревании (таблица 1).

Как следует из данных таблицы 1, потеря веса глины при нагревании в основном происходит в интервале температур 390–800 °С, где происходит дегидроксилизация минерала каолинита. При этом потеря веса для абширской глины составляет соответственно 5,1 %.

По химическому составу можно определить пригодность глинистого материала. В таблице 2 приведен химический состав исследуемой глины.

Как следует из данных таблицы 3, в природной абширской глине, в основном, содержится кремнезем (59,00 %) и глинозем (17,78 %). По содержанию оксида железа (2,20 %) абширская глина относится к группе с низким содержанием красящих окислов. Суммарное содержание оксидов кальция и магния составляет 1,33 %, что свидетельствует о малом содержании карбонатов. Из щелочных металлов

Таблица 1 – Термографические показания потери веса технологической пробы (ТП-2) исследуемой глины в интервале температур 20–1000 °С

Последовательность потери веса	Количество потери веса, %	Интервал температур разложения, °С
Δm_1	0,45	20–260
Δm_2	0,35	260–390
Δm_3	5,1	390–800
Δm_4	0,2	800–1000
$\Sigma \Delta m_{1000^\circ\text{C}}$	6,1	20–1000

Таблица 2 – Результаты химического состава глины Абширского месторождения

№ п/п	Глина Абшир	
	Содержание компонентов, %	
1	SiO ₂	59,00
2	FeO	5,40
3	Fe ₂ O ₃	2,20
4	TiO ₂	1,14
5	MnO	0,11
6	Al ₂ O ₃	17,78
7	CaO	0,12
8	MgO	1,21
9	SO ₃	<0,1
10	P ₂ O ₅	0,2
11	K ₂ O	3,34
12	Na ₂ O	0,20
13	П.п.п	8,97

Примечание: П.п.п– потери при прокаливании.

в исследуемой глине преобладает содержание калия в виде оксида калия (3,34 %), указывающее на присутствие в глине гидрослюдистого минерала.

Радиоактивность строительных материалов зависит от места расположения горных пород, глубины их залегания, вида. На содержание радионуклидов оказывает влияние нахождения вблизи урановых руд или радоновых источников [16, с. 20].

Измерение радиационного фона исследуемой глины проведено радиометром – дозиметром СПР-68.

Радиационный фон не превышает естественного фона (ЭФ) окружающей среды. ЭФ окружающей среды – 18–19 мкР/ч (0,17–0,18 мкЗв/ч). В глине Абшир радиационный фон составил 0,17–0,18 мкЗв/ч.

Механический состав природных дисперсных минералов (почвы, лессов, глин и др.) включает: крупный песок (фракция 1–0,25 мм), средний песок (фракция 0,25–0,05 мм), крупную пыль (фракция 0,05–0,01 мм), среднюю пыль (фракция 0,01–0,005 мм), мелкую пыль (фракция 0,005–0,001 мм) и ил (коллоиды), которые содержат частицы размером <0,001 мм [17, с. 10]. Результаты механического анализа глины Абшир приведены в таблицах 3, 4.

Как следует из данных таблицы 4, в абширской глине, в основном, присутствуют: средний песок с размером частиц более 0,06 мм (20,67 %), средняя пыль с размером частиц 0,06–0,01 мм (22,42 %) и илистые фракции с размером частиц 0,001 мм (34,70 %). Эти данные свидетельствуют о том, что абширская глина является грубодисперсной. Средняя пыль (фракция 0,01–0,005 мм) и мелкая пыль (фракция 0,005–0,001 мм), включает, в основном, аморфные вещества (оксиды и гидроксиды алюминия, железа, титана, кремнекислоту и др.) и составляет в сумме 22,21 %.

Согласно ГОСТ 9169–75 [18, с. 11], сырье по содержанию фракций менее 0,001 мм – 34,70 % относится к низкодисперсному, а по содержанию фракций менее 0,01 мм – 22,21 % – к грубодисперсному.

Из данных таблицы 4 видно, что исследуемая глина по диаграмме Охотина относится к пылеватым, запесоченным глинам.

По содержанию крупнозернистых включений с размером более 1 мм по ГОСТ 9169–75 [18, с. 2–3] абширская глина относится к глинам со средними включениями. По виду крупнозернистых частиц – к включениями кварца.

В глине водорастворимые соли (NaCl , KCl , CaCl_2 , MgCl_2 , Na_2SO_4 , K_2SO_4 , CaSO_4 , MgSO_4) и гипс $\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ являются вредными примесями. Для того чтобы определить содержание водорастворимых солей в исследуемых глинах, сначала из водной вытяжки определяли содержание анионов (CO_3^{2-} , HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , NO_3^-) и катионов (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+), которые являются основными элементами водорастворимых солей. Исходя из содержания анионов и катионов, производили связывание соли по принципу их растворимости, результаты которого представлены в таблице 5.

Как видно из данных таблицы 5, абширская глина по содержанию водорастворимых солей относится к слабозасоленным сырью. В водной вытяжке, приготовленной из ТП-2, сухой остаток составляет 0,369 %. В основном преобладает хлорид калия (0,109 %) и сульфат калия (0,128 %).

Как видно из данных таблицы 6, формовочная влажность, при которой глинистая масса сохраняет без деформаций приданную ей форму, составляет 23 %. Исследуемая проба по пластичности относится к умеренно пластичным.

По результатам определения чувствительности глин к сушке керамические массы на основе глины Абширского месторождения отличаются хорошими сушильными свойствами (класс А), малочувствительные к сушке с небольшой воздушной и полной усадкой.

По результатам определения предела прочности при сжатии (таблица 7), видно, что абширская глина пригодна для производства строительного кирпича марки 100.

Выводы. Результаты рентгено-термографического анализа показали, что минеральный состав глинистых фракций месторождения Абшир представлен, в основном, минералом каолинит с примесью монтмориллонита и гидрослюда, а непластичная часть сложена минералами группы окислов кремния (кварц, кристобалит и халцедон).

Таблица 3 – Гранулометрический состав глины Абширского месторождения

№	Глина	Содержание фракций, %				
		Более 0,06 мм	0,06–0,01 мм	0,01–0,005 мм	0,005–0,001 мм	Менее 0,001 мм
1	Абшир	20,67	22,42	13,00	9,21	34,70

Таблица 4 – Гранулометрический состав по методу Б.И. Рутковского

Глина	Массовое содержание фракций, %		
	Песчаные частицы 1–0,05 мм	Пылеватые частицы 0,05–0,005 мм	Глинистые частицы менее 0,005 мм
Абшир	40	35,03	25

Таблица 5 – Водорастворимые соли в исследуемой глине

Глина	рН раствора	Сухой остаток	Содержание солей, %						
			Ca(HCO ₃) ₂	Mg(HCO ₃) ₂	CaSO ₄	MgCl ₂	KCl	K ₂ SO ₄	KNO ₃
Абшир	7.4	0,369	0.032	-	0.044	0.048	0.109	0.128	0.034

Таблица 6 – Технологические свойства пробы глины Абширского месторождения

Глина	Гигроскопичная влага в, %	Формовочная влажность, % W _{абс}	Число пластичности	Коэффициент чувствительности к сушке, Кч	Усадка, %		Водопоглощение, %		
					Воздушная	полная		при 900°C	при 1000°C
						при 900°C	при 1000°C		
Абшир	0,62	23	7,1	0,7	3,5	4,5	6	19	14,7

Таблица 7 – Результаты определения предела прочности при сжатии

Размер образца	Плотность, ρ г/см ³	Прочность при сжатии, R _{сж} МПа	Средняя прочность при сжатии, R _{сж} МПа	Марка кирпича
№1 40×40×160 мм	1,8	14,04	10,8	М100
№2 40×40×160 мм	1,76	7,73		

По химическому составу абширская глина относится к полукислым, по содержанию оксидов Fe₂O₃+TiO₂ – к низким, с содержанием красящих оксидов и характеризуется малым содержанием карбонатных включений. В глине Абширского месторождения имеется высокое содержание кварца, что подтверждено гранулометрическим анализом.

По результатам гранулометрического анализа эта глина, согласно ГОСТ 9169–75 [18, с. 11], по содержанию фракций менее 0,001 мм – 34,70 % относится к низкодисперсным, по содержанию фракций менее 0,01 мм – 22,21 % относится к грубодисперсному сырью, а по диаграмме Охотина относится к пылеватым, запесоченным глинам.

По результатам керамико-технологических свойств глина – умеренно пластичная, малочувствительна к сушке с небольшой воздушной и полной усадкой.

По результатам определения предела прочности при сжатии абширская глина пригодна для производства строительного кирпича марки 100.

По результатам исследования можно сделать заключение о пригодности использования исследуемой глины в керамической промышленности для производства стеновых материалов (кирпич, блоки), плитки для полов, канализационных труб и кислотоупорных изделий.

Литература

1. Лукин Е.С. Технический анализ и контроль производства керамики: учеб. пособие для студ. техникумов / Е.С. Лукин, Н.Т. Андрианов. М.: Стройиздат, 1975. 271 с.
2. Справочник по месторождениям строительных материалов Киргизской ССР. М.: Недра, 1968. 263 с.
3. Никулин Н.И. Экспресс-приемы выделения тонкодисперсных минералов из цемента осадочных пород / Н.И. Никулин // Вестник ВГУ. Серия: Геология. 2010. № 1. С. 286–292.
4. ГОСТ Р 52540–2006. Глины огнеупорные и каолины для производства огнеупоров. Правила приемки и методы отбора проб. М.: Стандартинформ, 2006. 15 с.
5. Пономарев А.И. Методы химического анализа силикатных пород / А.И. Пономарев. М.: Изд-во АН СССР, 1961. С. 22–230.
6. ГОСТ 21216–2014. Сырье глинистое. Методы испытаний. М.:Стандартинформ, 2015. 44 с.
7. Ращупкина М.А. Современные технологии производства керамических материалов и искусственных пористых заполнителей. Часть I [Электронный ресурс]: метод. указания для выполнения лаборат. работ / М.А. Ращупкина, П.П. Дерябин, И.Н. Кузнецова. Омск: СибАДИ, 2017. С. 18–24.
8. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв / Е.В. Аринушкина. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Изд-во МГУ, 1970. С. 386–416.
9. ГОСТ 23268.6–78. Воды минеральные, питьевые, лечебные, лечебно-столовые и природные столовые. Методы определения ионов натрия. М.: ИПК изд-во стандартов, 2003. 7 с.
10. ГОСТ 23268.7–78. Воды минеральные питьевые лечебные, лечебно-столовые и природные столовые. Методы определения ионов калия. М.: ИПК изд-во стандартов, 2003. 5 с.
11. Ботвинкин Г.И. Лабораторный практикум по общей технологии силикатов и техническому анализу строительных материалов / Г.И. Ботвинкин, Г.И. Клюковский, Л.А. Мануйлов. М.: Изд-во лит-ры по строительству, 1966. С. 356–357.
12. Практикум по технологии керамики: учеб. пособие для вузов / Н.Т. Андрианов и др.; под ред. проф. И.Я. Гузмана. М., 2005. С. 38–39.
13. ГОСТ 7025–91. Кирпич и камни керамические и силикатные. Методы определения водопоглощения, плотности и контроля морозостойкости. М.: Стандартинформ, 2006. 12 с.
14. ГОСТ 8462–85 Материалы стеновые. Методы определения пределов прочности при сжатии и изгибе. М.: ИПК изд-во стандартов, 2001. 7 с.
15. Горбунов Н.И. Рентгенограммы, термограммы и кривые обезвоживания минералов, встречающихся в почвах и глинах / Н.И. Горбунов, И.Г. Цюрупа, Е.А. Шурыгина. М.: Изд. АН СССР, 1952. 191 с.
16. Гулимова Е.В. Экологическая безопасность строительных материалов и изделий: учебное пособие / Е.В. Гулимова, Т.А. Младова, Н.В. Муллер. 2-е изд., доп. Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВПО «КНАГ-ТУ», 2014. 108 с.
17. Качинский Н.А. Механический и микроагрегатный состав почвы. Методы его изучения / Н.А. Качинский. М.: Изд-во АН СССР, 1958. 192 с.
18. ГОСТ 9169–75. Сырье глинистое для керамической промышленности. Классификация. М.: Изд-во стандартов, 2001. 11 с.