

Д. х. н. **З. Р. Кадырова**<sup>1</sup> (✉), **А. П. Пурханатдинов**<sup>2</sup>, **Ш. М. Ниязова**<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Институт общей и неорганической химии АН РУз, Ташкент, Республика Узбекистан*

<sup>2</sup> *Каракалпакский государственный университет, г. Нукус, Республика Узбекистан*

УДК 533.611.6(575.175):662.998-492

## ИССЛЕДОВАНИЕ БЕНТОНИТОВЫХ ГЛИН КАРАКАЛПАКСТАНА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КЕРАМИЧЕСКИХ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Приведены результаты комплексного исследования бентонитовых глин Северо-Джамансайского месторождения Каракалпакстана для получения керамических теплоизоляционных материалов. По данным химико-минерального и фракционного составов, а также физико-химических характеристик бентонитовой глины установлена возможность ее использования в производстве керамических теплоизоляционных материалов разного назначения.

**Ключевые слова:** бентонитовая глина, керамический теплоизоляционный материал, керамзитовые гранулы, монтмориллонит, физико-химические характеристики, вспучивание.

### ВВЕДЕНИЕ

Стратегическая направленность развития производства теплоизоляционных материалов требует новых подходов к технологии их производства. Преобладание облегченных конструкций обеспечивает низкий удельный расход сырьевых материалов и, как следствие, невысокую удельную энергоёмкость изготовления и значительное снижение расхода тепла при эксплуатации зданий.

Потребляемые в настоящее время теплоизоляционные изделия производятся в основном из сырьевых материалов, которые находятся за пределами регионов и требуют транспортировки к местам производства и потребления, что существенно повышает себестоимость. В связи с быстрым развитием химической и других отраслей промышленности и ростом жилищного строительства в Узбекистане неуклонно растет потребность в керамических теплоизоляционных материалах. Доставка их в различные регионы осуществляется железнодорожным транспортом, что приводит к значительному удорожанию этой нетранспортабельной продукции. Поэтому особую актуальность получает разработка новых составов теплоизоляционных материалов из местного минерального сырья, в том числе из техногенных отходов, в частности опок, трепелов, диа-

томитов, зол, шлаков, шламов, пыли газоочистки. Керамзитовые гранулы получают вспучиванием из вышеуказанных сырьевых материалов с порообразующими и выгорающими добавками.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве сырьевых компонентов при изготовлении керамических масс для керамзитовых гранул использованы бентонитовые глины Северо-Джамансайского месторождения Каракалпакстана (табл. 1). Химико-минеральный состав используемого сырья и физико-химические характеристики опытных образцов на его основе изучали с применением химического и рентгенофазового анализов (РФА).

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В настоящей статье приведены результаты исследования бентонитовых глин Северо-Джамансайского месторождения Каракалпакстана для получения керамзитовых гранул. Следует отметить, что перспективы промышленного использования бентонитовых глин для получения из них теплоизоляционных керамзитовых гранул оценены еще недостаточно полно. Известно [1, 2], что в качестве сырья для получения керамзитового гравия могут служить бентониты и бентонитовые глины, состоящие в основном из минералов группы монтмориллонита  $Al_2[Si_4O_{10}](OH)_2 \cdot nH_2O$  и способные вспучиваться при обжиге. Керамические гранулы являются экологически чистыми теплоизоляционными материалами, представля-



З. Р. Кадырова  
E-mail: kad.zulayho@mail.ru

**Таблица 1. Химический состав северо-джамансайской глины**

Номер пробы	Содержание оксида, % (на воздушно-сухое вещество)											$\Delta m_{\text{прк}}^*$ , %
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	TiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	
СЖ-1	60,85	16,95	4,92	1,34	0,79	0,58	1,67	1,65	2,54	0,51	0,09	8,98
СЖ-2	60,60	16,06	4,39	1,80	0,77	0,90	1,85	1,53	2,70	0,96	0,12	8,48
СЖ-3	59,80	15,22	4,48	1,54	0,81	1,16	1,91	1,58	2,68	0,39	0,11	9,37
СЖ <sub>сред</sub>	60,41	16,07	4,60	1,56	0,79	0,88	1,81	1,59	2,64	0,62	0,11	8,94

\* Включают гигроскопическую, конституционную, кристаллизованную воду, органические и летучие вещества и оксид углерода (IV).

ющими собой легкие пористые материалы ячеистого строения в виде шариков различных размеров, получаемых при обжиге бентонитовых глин, способных вспучиваться при быстром нагревании их до 1050–1300 °С в течение 25–45 мин [3–5].

Глины Северо-Джамансайского месторождения, представляющие полиминеральную породу, расположены в Берунийском районе в 20 км к юго-востоку от поселка Каратау и в 9 км юго-восточнее железнодорожной станции Караузак [6, 7]. По внешнему виду порода светло-коричневато-желтого цвета, по минеральному составу — монтмориллонито-гидрослюдистая. При взаимодействии с 10 %-ным раствором соляной кислоты глина вскипает. По огнеупорности северо-джамансайская глина относится к группе легкоплавкого сырья, по содержанию красящих оксидов в прокаленном состоянии — к группе глин с высоким содержанием красящих оксидов. Число пластичности проб глины 4–18 (по Аттербергу) следовательно, глина относится к умеренно-пластичной группе сырья. По величине коэффициента чувствительности к сушке глина принадлежит к малочувствительной группе сырья, ее КЧС (по А. Ф. Чижскому) составляет 0,413. Мощность глинистого пласта Северо-Джамансайского месторождения колеблется от 5 до 24 м. Химический состав проб глины, взятых из разных участков месторождения, приведен в табл. 1.

Результаты сопоставления химического состава бентонитовой глины, в частности содержания в ней кремнезема, глинозема, оксидов железа, кальция, щелочных металлов, карбонатов и  $\Delta m_{\text{прк}}$ , с требованиями к химическому составу сырья для получения керамических гранул [8] показали, что исследуемая глинистая порода пригодна для получения керамзитовых теплоизоляционных материалов (табл. 2).

Судя по количеству основных оксидов в исследуемой бентонитовой глине (см. табл. 2), можно

**Таблица 2. Требования к химическому составу исследуемой глины и сырья для получения керамзитовых гранул**

Оксид	Содержание оксида, мас. %, в глинистых породах со степенью вспучивания			Показатели пробы СЖ <sub>сред</sub> (см. табл. 1)
	высокой	средней	слабой	
SiO <sub>2</sub>	50–60	60–70	>70	60,41
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16–24	10–16	<10	16,07
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + FeO	6–10	4–6	<4	6,16
Na <sub>2</sub> O + K <sub>2</sub> O	3–6	1,5–3	<1,5	4,23
CaO	3–4	3–4	>4	0,88

утверждать, что она относится к глинистой породе с высокой степенью вспучивания, поскольку содержание основных оксидов (кроме CaO) укладывается в пределы требований, предъявляемых к глинистому сырью. При этом следует отметить, что глинистые породы, используемые в качестве сырья для приготовления керамзитовых гранул, должны иметь тонкодисперсную структуру; сравнительно небольшую запесоченность — не более 26 %; содержать частицы размерами до 0,005 мм — не менее 20 %; интервал размягчения не ниже 50 °С; огнеупорность не выше 1350 °С; не должны содержать включений карбонатных пород в виде конкреций;  $\Delta m_{\text{прк}}$  в пределах 6–10 %. Кроме того, основным требованием, которому должно отвечать сырье для производства керамзита, является способность вспучиваться при термообработке в интервале от 1050 до 1250 °С, образуя при этом материал ячеистого строения с равномерно распределенными закрытыми порами.

Ниже приведены важнейшие физико-химические характеристики бентонитовой глины Северо-Джамансайского месторождения: набухаемость 200–800 %, предел текучести 74,3–160,5, предел пластичности 25,5–40,0, число пластичности 45,3–145,6, огнеупорность 1190–1250 °С, содержание частиц размерами менее 0,005 мм 35,17–40,68 %, температура вспучивания 1100–1130 °С, интервал размягчения 70–90 °С. Бентонитовую глину с такими характеристиками можно использовать в качестве основного сырьевого компонента для производства керамических теплоизоляционных материалов.

Фазовый состав исследуемых сырьевых материалов определяли методом РФА на установке ДРОН-2,0 при Cu K<sub>α</sub>-излучении, Ni-фильтр. Скорость съемки рентгенограммы 2 град/мин. В качестве внутреннего эталона использовали монокристаллический кварц. Условия съемки всех образцов выдерживали постоянными. В расчетах и при идентификации фаз использовали таблицы и международную картотеку по рентгеновским порошкограммам [9, 10]. На рис. 1 показана рентгенограмма исходной бентонитовой глины Северо-Джамансайского месторождения. Как видно, в опытных образцах установлено присутствие дифракционных максимумов, относящихся к кварцу (0,427, 0,335, 0,181 и 0,157 нм); полевоому шпату (0,325 и 0,321 нм); иллиту (0,495, 0,377, 0,334 и 0,323 нм); монтмориллониту (0,448, 0,325, 0,258, 0,199 и 0,167 нм); высокоглиноземистой форме монтмориллонита — бейделиту

(0,725, 0,363 и 0,229 нм); доломиту (0,290 и 0,180 нм) и кальциту (0,495, 0,377, 0,334, 0,318 и 0,245 нм).

Микроструктуру образцов и морфологию кристаллических фаз проб бентонитовых глин Северо-Джамансайского месторождения исследовали на лабораторном оптическом микроскопе МБС-10 с установленной цифровой камерой при 600-кратном увеличении (рис. 2). В пробах обнаружены в основном щелочные и щелочноземельные монтмориллониты в виде мелких агрегированных частиц, а также в виде комковых агрегатов. Наблюдается также присутствие аморфного кремнезема и частиц карбонатов и доломитов в виде белых пятен. Кроме того, обнаружены крупные жилистые включения соединений железа и кварца, а также гипсовые включения в виде кристаллов двухводного гипса, равномерно распределенные в пробах.

Термический анализ опытных образцов проводили на дериватографе Паулик-Паулик-Эрдей со скоростью 10 град/мин, масса навески 0,093 г. Запись проводили при атмосферных условиях. Держателем служил платиновый тигель диаметром 10 мм без крышки. В качестве эталона использовали оксид алюминия.

Результаты дифференциального термического анализа опытных образцов показали десять эндотермических эффектов при 90, 110, 147, 167, 329, 335, 378, 400, 428 и 477 °С и четыре экзотермических эффекта при 205, 440, 565 и 625 °С. Эндотермические эффекты в интервале 90–167 °С соответствуют удалению воды из межслоевой структуры бентонитовых глин, в интервале 329–477 °С — удалению гидратной воды, разложению структурных гидроксильных групп и переходу их в безводное состояние. Экзотермический эффект в интервале 250–440 °С соответствует выгоранию органических включений в породе бентонитовых глин, при 565 °С — удалению кристаллизационной воды с разложением структуры монтмориллонита, при 625 °С — перекристаллизации аморфных продуктов разложения, имеющих в составе бентонитовых глин. При этом общая потеря массы в диапазоне 70–900 °С, по данным кривой термогравиметрии, составляет 3,92 %.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изучены химико-минеральный и фракционный составы, а также характеристики бентонитовых глин Северо-Джамансайского месторождения Каракалпакстана для получения из них керамических теплоизоляционных материалов. Установлено, что исследуемые бентонитовые глины по физико-химическим и технологическим показателям пригодны для получения керамических теплоизоляционных материалов разного назначения.

## Библиографический список

1. **Аксельрод, Л. М.** Развитие производства огнеупоров в мире и в России, новые технологии / Л. М. Аксельрод // Новые огнеупоры. — 2011. — № 3. — С. 106–120.
2. **Пат. 2494068 Российская Федерация.** Сырьевая смесь для изготовления строительных теплоизоляцион-

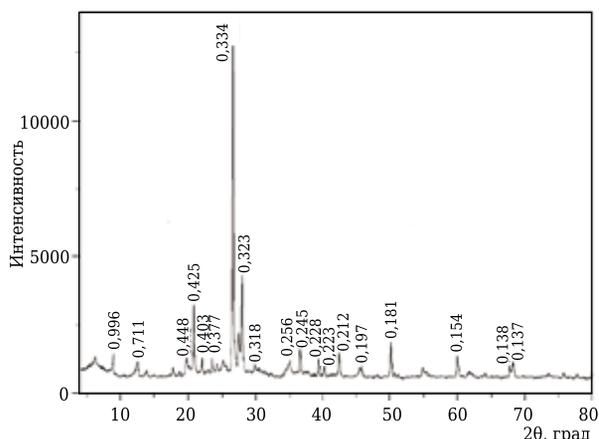


Рис. 1. Рентгенограмма бентонитовой глины Северо-Джамансайского месторождения



Рис. 2. Структура бентонитовой глины Северо-Джамансайского месторождения в виде порошка. ×600

ных материалов / Щепочкина Ю. А. ; опубли. 2013.09.27, Бюл. № 27.

3. Химическая технология керамики ; под ред. проф. И. Я. Гузмана. — М. : РИФ «Стройматериалы», 2003. — 496 с.
4. **Мороз, И. И.** Технология строительной керамики : уч. пособие / И. И. Мороз. — М. : Эколит, 2011. — 384 с.
5. **Онацкий, С. П.** Производство керамзита / С. П. Онацкий. — 3-е изд., перераб. и доп. — М. : Стройиздат, 1987.— 335 с.
6. **Кадырова, З. Р.** Исследование глинистых сырьевых ресурсов Каракалпакстана для получения теплоизоляционных материалов / З. Р. Кадырова, А. П. Пурханатдинов, Ш. М. Ниязова // Огнеупоры и техническая керамика. — 2018. — № 1/2. — С. 19–24.
7. **Курбаниязов, К. К.** Бентониты Каракалпакии / К. К. Курбаниязов, М. З. Закиров. — Ташкент : Фан, 1979. — 160 с.
8. **Бурлаков, Г. С.** Основы технологии керамики и искусственных пористых заполнителей / Г. С. Бурлаков. — М. : Высшая школа, 1972. — 424 с.
9. **Толкачев, С. С.** Таблицы межплоскостных расстояний / С. С. Толкачев. — Л. : Химия, 1968. — 132 с.
10. X-Ray Powder Diffraction Data File American Society for Testing and Materials, Philadelphia, Pa, 1988. ■

Получено 29.04.20  
© З. Р. Кадырова, А. П. Пурханатдинов,  
Ш. М. Ниязова, 2020 г.