

УДК 691(075.8)
AGRIS J15; Q60

<https://doi.org/10.33619/2414-2948/78/47>

ПРОИЗВОДСТВО КЕРАМИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

©Салиева М. Г., ORCID:0000-0002-4572-5772, SPIN-код:1493-7058, Ошский
технологический университет, г. Ош, Кыргызстан, salieval.minavar@bk.ru
©Ташиполотов Ы., ORCID:0000-0001-9293-7885, SPIN-код:2425-6716, д-р физ.-мат. наук,
Ошский государственный университет, г. Ош, Кыргызстан, itashpolotov@mail.ru

WASTE OF FUEL AND ENERGY COMPLEXES IN THE PRODUCTION OF CERAMIC PRODUCTS

©Salieva M., ORCID: 0000-0002-4572-5772, SPIN-code: 1493-7058,
Osh Technological University, Osh, Kyrgyzstan, salieval.minavar@bk.ru
©Tashpolotov Y., ORCID:0000-0001-9293-7885, SPIN-code: 2425-6716, Dr. habil.,
Osh State University, Osh, Kyrgyzstan, itashpolotov@mail.ru

Аннотация. Предметом данной статьи является определение характеристик естественно горелых пород и глиежей, используемых в качестве добавок для производства керамических стеновых материалов. Цель исследования — экономия сырья, используемого при производстве керамических стеновых изделий, и снижение их себестоимости. Рассмотрены методы исследования, химические и минеральные составы, особенности их строения. Возможность использования отходов топливно-энергетического комплекса в качестве отощителей и выгорающих добавок при производстве керамических изделий, расширяет сырьевую базу строительных материалов. Кроме того, обсуждались вопросы решения экологических проблем, утилизации промышленных отходов и охраны окружающей среды. Особое внимание уделяется породам, содержащим вынутые угольные пласты и естественно обгоревшим. Причиной пожара является склонность некоторых видов угля к самовозгоранию. Большую роль в возникновении пожаров играет эрозивная деятельность поверхностных водотоков, что привело к вскрытию угольных пластов и увеличению доступа кислорода. На распространение пожаров часто влияет толщина, консистенция угля и ряд других факторов.

Abstract. The subject of this article is to determine the characteristics of naturally burnt rocks and glieds used as additives for the production of ceramic wall materials. The purpose of the study is to save raw materials used in the production of ceramic wall products and reduce their cost. Research methods, chemical and mineral compositions, features of their structure are considered. The possibility of using fuel and energy complex waste as leaners and burnable additives in the production of ceramic products expands the raw material base of building materials. In addition, issues of solving environmental problems, industrial waste disposal and environmental protection were discussed. Particular attention is paid to rocks containing excavated coal seams and naturally burnt. The cause of the fire is the tendency of some types of coal to ignite spontaneously. An important role in the occurrence of fires is played by the erosive activity of surface watercourses, which led to the opening of coal seams and an increase in oxygen access. The spread of fires is often affected by the thickness, consistency of the coal, and a number of other factors.

Ключевые слова: горелые породы, глиеж, керамические материалы, утилизация, трещиноватость, водонепроницаемость, алевролиты, аморфизация, муллит, гематит, угольные пласты.

Keywords: burnt rocks, gliege, ceramic materials, disposal, fracturing, water resistance, siltstones, amorphization, mullite, hematite, coal seams.

В Кыргызстане в угольных предприятиях расположено 26 отвалов, где уложено 412,1 млн м³ горных пустых пород на площади 965 га. В целом, по республике накоплено более 550 млн м³ некондиционных руд в 66 отвалах [1]:

- уранового производства — 20 отвалов с объемом 2,5 млн м³;
- цветной металлургии — 10 отвалов с объемом 103,5 млн м³;
- угольных шахт — 27 отвалов с объемом 412,5 млн м³;
- камнедобычи — 8 отвалов с объемом 2,5 млн м³.

Наряду с этим, также имеются отходы в виде золошлаковых отходов в ТЭЦ г. Бишкек, объемом более чем 1,6 млн т.

В работе [2] рассмотрены золошлаковые отходы ТЭЦ и исследование процесса сушки золокерамического кирпича. Их минеральная часть по химическому и минералогическому составу близка к глине.

Эти отходы могут быть использованы для получения керамических строительных материалов и изделий (стеновых, облицовочных и тротуарных), поскольку, в настоящее время ученые в мире уже используют аналогичные отходы в строительстве. Однако, в Кыргызстане вопросы создания оптимальных сырьевых смесей для получения строительных материалов и изделий, на основе отходов не в полной мере изучены, поэтому исследования свойств керамической массы на основе вторичных сырьевых ресурсов (отходов) представляет большой научный и практический интерес [3].

Известно, что использование некондиционных руд (отвалов), во-первых, снизит потребность в минерально-сырьевых ресурсах, и, во-вторых, утилизация отходов при производстве стеновых строительных материалов и изделий позволяет решить одновременно экологические и экономические задачи [4], так как применение сырья из отходов для производства стеновой керамики в разы дешевле, чем природное. Поэтому вопрос использование накопленных отходов различных отраслей в керамических материалах особенно актуален [5–7].

В связи с этим настоящая работа посвящена разработке оптимальных составов сырьевых смесей для производства керамических материалов и изделий с применением некондиционных отходов и уменьшению затрат на энергию и ресурсы [7, 8].

Методы и объекты исследования

В работе исследовались горелые породы Таш-Кумырского месторождения и глиежи Кызыл-Кийского и Сулюктинского месторождений. В Таблице 1 приведены химический состав глиежа Южного региона Киргизской Республики, определенные спектроскопическим методом.

Из Таблицы 1 видно, что по химическому составу, исследуемые глиежи относятся по глинисто-железистому модулю к активным породам. В работе [3] описаны характеристики горелых пород Таш-Кумырского месторождения, состоящих из горелых песков, глин и алевролитов. В результате горения песчаники становятся коричневыми, красными и

розовыми, приобретая прочность, водостойкость и взрывоопасность. Обожженные алевролиты и глины содержат особые обломки в виде шестиугольных, слабоизогнутых, плотно сжатых призм толщиной 0,1–1 см.

Таблица 1

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ГЛИЕЖЕЙ

Месторождение		Содержание оксидов, мас. %							
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	MnO	SO ₃	n. n. n.
Кызыл-Кийское	1	79,64	12,55	3,21	0,28	0,79	-	0,16	1,64
	2	71,12	21,44	1,2	-	-	-	0,03	0,17
	3	74,38	14,96	4,7	0,4	1,06	-	1,01	1,24
	4	76,16	15,35	3,45	-	-	-	0,78	2,2
	5	80,92	11,59	2,25	-	-	-	0,52	1,04
	6	85,29	5,78	3,94	-	-	-	1,57	1,01
Сулюктинское		58,64	20,61	8,69	0,97	3,1	-	0,88	2,18

При микроскопическом исследовании шлифов горелых пород Таш-Кумырского месторождения выявлены три типа пород: мелкозернистый песок в силит-псаммитовой структуре, алевролит в алевролитовой структуре, перлитовые и глинисто-глинистые породы.

Таблица 2

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ГОРЕЛЫХ ПОРОД ТАШ-КУМЫРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Номер пробы	Содержание оксидов, мас. %								
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	MnO	TiO	K ₂ O	n. n. n.
1	55,29	19,5	10,7	0,9	2,0	0,29	0,91	2,5	7,3
2	54,93	20,5	10,2	0,74	1,80	0,32	0,89	2,4	7,3
3	54,40	16,7	17,5	1,26	1,75	0,46	0,79	2,0	4,11
4	54,57	16,4	17,8	1,24	1,73	0,44	0,80	2,1	4,22
5	60,77	21,1	6,50	1,07	2,95	0,17	0,94	2,0	3,68
6	60,11	21,2	6,87	1,02	2,93	0,16	0,95	2,1	3,95

Данные Таблиц 1 и 2 показывают, что все образцы глиежа месторождений Кызыл-Кия и Таш-Кумыр близки по химическому составу. При использовании аргиллитов в производстве керамического кирпича установлено, что они содержат более 7 % оксидов SiO₂ и Al₂O₃ и элементов железа. Кроме того, оксидов щелочей K₂O и Na₂O в аргиллитах более 4%, а содержание активного глинозема 0,99–11,64%. Средняя плотность глиежей 2,09–2,92 г/см³, а истинная плотность 2,54–2,89 г/см³. Средняя прочность в сухом состоянии 36,0–132,4 МПа.

Обожженные горелые породы можно определить по окраске, по прочности, и данным термического анализа, по водопоглощению, аналогично оценке степени спекаемости керамического черепка. При водопоглощении горелых пород 5–10% их относят к среднеобожженным, а при водопоглощении 5% — к хорошо обгоревшим.

В работах [5, 7] изучались сложные фазовые превращения при самовозгорании шахтных пород: адсорбированная влага (120–160 °С); деструкция (250–500 °С); окисление и горение органики (300–1000 °С); диссоциация карбонатов железа (300–500 °С), кальция и магния (700–850 °С); постепенное высыхание и аморфизация глинистых минералов (550–

900 °С); кристаллизация новообразованных соединений (муллит, силлиманит, гематит, шпинель), а также их взаимодействие друг с другом или с оксидами, силикатами и алюмосиликатами (980–1200 °С); образование сплавов и кристаллизация новых фаз — магнетита, кристобалита, корунда (950–1200 °С).

Горелые породы в своем минеральном составе содержат: кварц, глинистые минералы, гидрослюда с примесью каолинита, хлорита, карбонаты в виде кальцита, магнезита, гематита, а также содержит: полевые шпаты, модификации кристаллического кремнезема — тридимит и кристобалит.

В работе [9] показано результаты дериватографических исследований (Рисунок 1). Из этих исследований видно, что глиежи является термически инертным материалом, о чем свидетельствует полнота прошедшего в природных условиях самообжига. Так как эндотермический эффект при 670–780 °С объясняется диссоциацией карбонатов. На термограммах показаны эндотермические эффекты, связанные с удалением гигроскопичных и связанных вод, экзотермические эффекты окисления железистых минералов, полиморфного превращения кварца, горения углеродистых веществ, разложения карбонатов. Пики на термограммах возникают в результате процессов, происходящих в той части породы, которая недостаточно обожжена в отвале или обожжена при низких температурах. Небольшой размер пиков указывает на то, что такие породы встречаются редко. Хорошо прогоревшие породы термически инертны, и кривые дифференциально-термического анализа практически не показывают термического воздействия на такие породы.

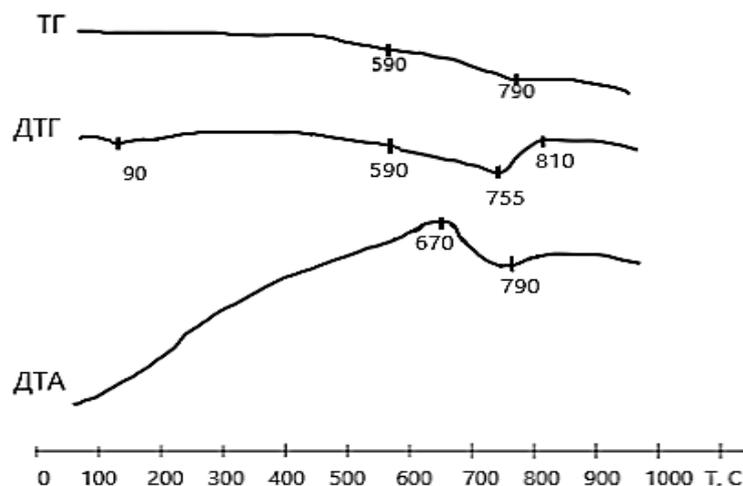


Рисунок 1. Дериватограмма глиежа

Горелые породы характеризуются образованием новых минералов: волластонита, гидрослюда без конституциональной воды, не имеющей свойств глины (пластичной), оксиды железа восстанавливаются до магнетита из-за недостатка кислорода при горении пород. Рентгенологическое исследование горных пород выявило следующие основные кристаллические минералы (Рисунок 2): кварц и его модификации; железо в виде магнетита и гематита; корунд, глина в виде муллита. К мелким минералам относятся каолинит, полевой шпат, сера и др.

Из Рисунка 2 видно наличие кварца на дифракционных пиках в составе горелых пород глиежей: 0,167, 0,182, 0,212, 0,228, 0,245, 0,334, 0,425 нм, полевой шпат в виде анортита:

0,320, 0,374, 0,402 нм, гематит: 0,250, 0,269 нм и карбонатов 0,302 нм, а также наличие муллита, характерное отражение линий совпадает с линиями Р-кварца: 0,211, 0,221, 0,268, 0,340 нм.

Минералы горелых пород разделяются на две группы: минералы исходных пород и новообразованные. К первой группе относятся: кварц, полевые шпаты, слюда, частично гематит, обломки пород, гидрослюда, каолинит. Второй группе относятся: муллит, фторстерит, кордиерит, шпинель, тридимит, силлиманит, андалузит, стекло, гематит и др.

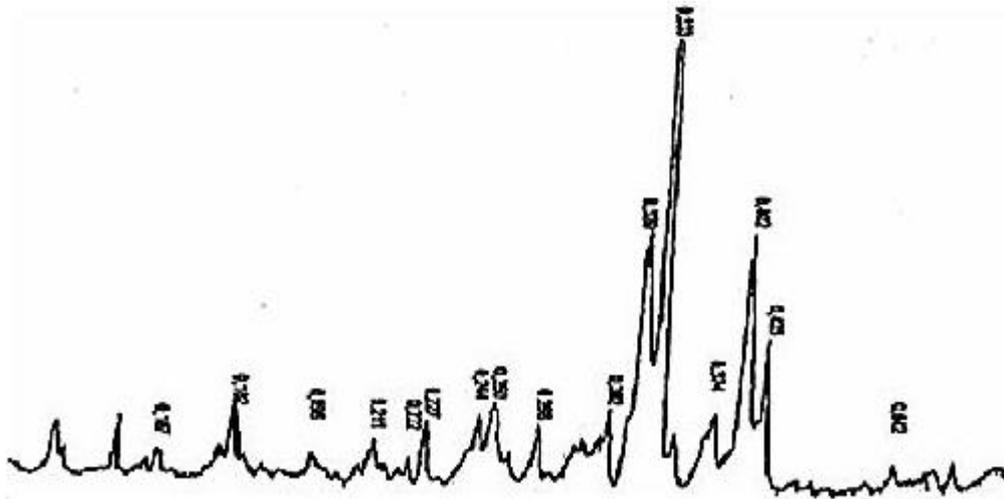


Рисунок 2. Рентгенограмма глиежа

Наиболее глубокие изменения происходят в минеральном составе, аргиллитов. В нем преобладают аморфизированные обжигом глинистые частицы, покрытые гидроксидами железа, пылеватые железа, пылеватые частицы кварца, почти все измененные-мутные и трещиноватые. Текстура может быть определена как пузырчато-слоистая пятнистая.

Горелые породы не обладают пластичностью и связующей способностью в отличие от глинистых компонентов. Для повышения пластичности используют пластические компоненты. В работе [10] рассмотрены химико-минералогические характеристики и применение горелых пород при производстве строительных материалов и изделий.

На основании вышеуказанных исследований нами был проведен в лабораторных условиях эксперимент использования глиежа в качестве сырья для получения композиционного керамического кирпича. Образцы для исследования готовили из глиежа влажностью 10% в цилиндрах полусухого прессования при удельном давлении 25 МПа. Размер цилиндра 40×40×40 мм.

Таблица 3.

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГЛИЕЖЕЙ ПОСЛЕ ОБЖИГА

Температура обжига, T, °C	Плотность, кг/м ³	Водопоглощение, %	Прочность при сжатии, Rсж, МПа
900	1632	33,2	3,73
950	1620	27,34	4,87
1000	1602	19,56	7,65

Как видно из данных Таблицы 3, глиеж не пригоден как сырье для получения керамического материала из-за малой прочности. Поэтому глиеж можно использовать в качестве модифицирующей добавки при производстве композиционных керамических материалов и изделий.

1. Рассматриваемые глиежи являются сырьевой добавкой для композитной керамики, для них характерно высокое содержание железа, которое имеет равномерный ярко-красный цвет, сложную структуру сланца и по химическому составу глиеж относится к активным породам (модуль железа аргила $M=0,5 \leq 0,45$);

2. Порода характеризуется легкой дробильной способностью (до полного прохождения через сито 0,63);

3. Природный состав раствора глиежа не подходит для производства керамического материала из-за низкой прочности черепка, поэтому целесообразно использовать отходы горючих сланцев как композицию из горелых пород и межсланцевой глины.

4. Использование местных природных ресурсов при производстве композиционных керамических материалов и изделий удешевляет производство.

Список литературы:

1. Мамбетов Ш. А., Абдиев А., Мамбетова Р. Ш. Комплексное освоение месторождений минеральных ресурсов. Бишкек, 2019. 288 с.

2. Салиева М. Г. Исследование процесса сушки золокерамического кирпича // Известия вузов (Кыргызстан). 2015. №4. С. 6-9.

3. Мавлянов А. С., Абдыкалыков А. А., Ассакунова Б. Т. Комплексное использование минерального сырья. Бишкек. 2016.

4. Балановская А. В., Абдрахимова Е. С. Вопросы экологического, экономического и практического рециклинга по использованию топливно-энергетического комплекса для получения теплоизоляционных материалов // Экология промышленного производства. 2021. №3. С. 19-26. https://doi.org/10.52190/2073-2589_2021_3_19

5. Абдрахимов В. З. Производство керамических изделий на основе отходов энергетики и цветной металлургии // Усть-Каменогорск: Восточно-Казахстанский технический университет. 1997. Т. 289. С. 8.

6. Чантурия В. А., Чаплыгин Н. Н., Вигдергауз В. Е. Ресурсосберегающие технологии переработки минерального сырья и охрана окружающей среды // Прогрессивные технологии комплексной переработки минерального сырья. 2008. С. 23-34.

7. Абдрахимов В. З., Хасаев Г. Р., Абдрахимова Е. С., Колпаков А. В. Использование углеродосодержащих отходов топливно-энергетического комплекса в производстве керамических материалов различного назначения // Экология и промышленность России. 2015. №9. С. 30-33.

8. Буравчук Н. И. Ресурсосбережение в технологии строительных материалов. Ростов-на-Дону, 2009. 221 с.

9. Волкова О. Е. Стеновые материалы на основе глиежей и микрокремнезема: автореф. дисс. ... канд. техн. наук. Томск, 2000. 22 с.

10. Книгина Г. И. Строительные материалы из горелых пород. М.: Стройиздат, 1966. 207 с.

References:

1. Mambetov, Sh. A., Abdiev, A., & Mambetova, R. Sh. (2019). Kompleksnoe osvoenie mestorozhdenii mineral'nykh resursov. Bishkek. (in Russian).
2. Salieva, M. G. (2015). Issledovanie protsessa sushki zolokeramicheskogo kirpicha. *Izvestiya VUZov (Kyrgyzstan)*, (4), 6-9. (in Russian).
3. Mavlyanov, A. S., Abdykalykov, A. A., & Assakunova, B. T. (2016). Kompleksnoe ispol'zovanie mineral'nogo syr'ya. Bishkek.
4. Balanovskaya, A. V., & Abdrakhimova, E. S. (2021). Voprosy ekologicheskogo, ekonomicheskogo i prakticheskogo retsiklinga po ispol'zovaniyu toplivno-energeticheskogo kompleksa dlya polucheniya teploizolyatsionnykh materialov. *Ekologiya promyshlennogo proizvodstva*, (3), 19-26. (in Russian). https://doi.org/10.52190/2073-2589_2021_3_19
5. Abdrakhimov, V. Z. (1997). Proizvodstvo keramicheskikh izdelii na osnove otkhodov energetiki i tsvetnoi metallurgii. *Ust'-Kamenogorsk: Vostochno-Kazakhstanskii tekhnicheskii universitet*, 289, 8. (in Russian).
6. Chanturiya, V. A., Chaplygin, N. N., & Vigdergauz, V. E. (2008). Resursosberegayushchie tekhnologii pererabotki mineral'nogo syr'ya i okhrana okruzhayushchei sredy. In *Progressivnye tekhnologii kompleksnoi pererabotki mineral'nogo syr'ya*, 23-34. (in Russian).
7. Abdrakhimov, V. Z., Khasaev, G. R., Abdrakhimova, E. S., & Kolpakov, A. V. (2015). Ispol'zovanie uglerosoderzhashchikh otkhodov toplivno-energeticheskogo kompleksa v proizvodstve keramicheskikh materialov razlichnogo naznacheniya. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii*, (9), 30-33. (in Russian).
8. Buravchuk, N. I. (2009). Resursosberezhenie v tekhnologii stroitel'nykh materialov. Rostov-on-Don. (in Russian).
9. Volkova, O. E. (2000). Stenovye materialy na osnove gliezhei i mikro kremnezema: authoref. Ph.D. diss. Tomsk. (in Russian).
10. Knigina, G. I. (1966). Stroitel'nye materialy iz gorelykh porod. Moscow. (in Russian).

*Работа поступила
в редакцию 08.03.2022 г.*

*Принята к публикации
13.03.2022 г.*

Ссылка для цитирования:

Салиева М. Г., Ташполотов Ы. Производство керамических изделий на основе отходов топливно-энергетических комплексов // Бюллетень науки и практики. 2022. Т. 8. №5. С. 411-417. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/78/47>

Cite as (APA):

Salieva, M., & Tashpolotov, Y. (2022). Waste of Fuel and Energy Complexes in the Production of Ceramic Products. *Bulletin of Science and Practice*, 8(5), 411-417. (in Russian). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/78/47>