

DOI: 10.12737/article_5968b44f705728.90480434

¹Танг Ван Лам, аспирант,¹Булгаков Б.И., канд. техн. наук, доц.,¹Александрова О.В., канд. техн. наук, доц.,¹Ларсен О.А., канд. техн. наук, доц.,¹Шувалова Е.А., аспирант,²Дао Вьет Доан, канд. техн. наук.¹Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет²Ханойский государственный горно-геологический университет

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ УГЛЕБОГАЩЕНИЯ С ЦЕЛЬЮ ПОЛУЧЕНИЯ СЫРЬЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СТЕНОВОГО КЕРАМИЧЕСКОГО КИРПИЧА

lamvantang@gmail.com

Рассмотрена возможность использования отходов, образующихся в результате добычи и обогащения сырья на угольных разрезах провинции Куанг Нинь во Вьетнаме, для производства стенового керамического кирпича способом полусухого прессования, что будет способствовать улучшению экологии, экономии природных ресурсов и снижению затрат на организацию хранения отходов.

В результате проведённых экспериментальных исследований было установлено, что стеновые керамические кирпичи, полученные способом полусухого прессования из сырьевой композиции на основе глиносодержащих отходов углеобогащения с добавлением до 10÷25 % масс. глины, имеют требуемые эксплуатационные показатели, массу от 1,8 до 2,5 кг и обладают пористой структурой из-за выгорания остатков угля в процессе обжига, что помимо снижения массы изделий будет способствовать повышению их тепло- и звукоизоляционных свойств.

Ключевые слова: отходы углеобогащения, загрязнение окружающей среды, полусухой способ прессования, пластический способ формования, глинистое сырьё, стеновой керамический кирпич.

Введение. Стеновые керамические материалы являются одними из наиболее древних строительных материалов, используемых для кладки и облицовки несущих, самонесущих и ненесущих стен и других элементов зданий и сооружений. По прошествии многих веков керамические стеновые материалы занимают лидирующие позиции на строительном рынке благодаря своим физико-механическим и теплофизическим свойствам, долговечности, а также экологичности и архитектурной выразительности [1, 2].

Отходы обогащения добываемого природного сырья образуются в одноименных процессах, которые обычно являются промежуточными между добычей полезных ископаемых и их последующей глубокой химической, физико-химической или биохимической переработкой. Обогащение позволяет отделить значительную часть пустой породы и вредных примесей и, тем самым, повысить концентрацию ценных компонентов в исходном сырье, что наиболее ярко проявляется при обогащении руды [3].

Техногенные отходы добычи углей являются причиной возникновения следующих основных проблем экологического и экономического характера:

- складирование отходов на свалках и полигонах вызывает загрязнение почвы, воды и воздуха окружающей среды;

- организация переработки отходов является дорогостоящим процессом;

- образующиеся свалки занимают значительные площади земельных ресурсов, пригодных для более рационального использования.

Согласно данным, приведенным в исследованиях [4–6], по ориентировочным расчетам в Российской Федерации ежегодное количество образующихся отходов углеобогащения превышает 115 млн. тонн. Комплексное использование отходов углеобогащения в производстве строительных материалов может дать народному хозяйству значительный экономический эффект, обусловленный экономией природного сырья, уменьшением расходов на складирование и транспортирование отходов, и сокращением отводимых под отвалы земель.

В данной работе было проведено исследование возможности использования отходов обогащения сырья, добываемого в угольных разрезах провинции Куанг Нинь, с целью получения сырьевых материалов для производства стенового керамического кирпича.

Методология. Свойства стенового керамического кирпича определяли в соответствии с требованиями стандарта ГОСТ 530-2012. Кирпич и камень керамические. Общие технические условия [7].

Основная часть. В процессе добычи угля во Вьетнаме на угольных разрезах в провинциях Куанг Нинь, Тхай Нгуен, Лао Кай и др. образуется большое количество отходов, что вызывает загрязнение окружающей среды, пагубно влияет на

условия жизни человека и животных и занимает большую площадь под отвалы отходов обогащения (рис. 1).



Рис. 1. Загрязнение окружающей среды техногенными отходами добычи угля на разрезах в провинции Куанг Нинь (Вьетнам)

Разведанные запасы угля во Вьетнаме в 2015 году составили свыше $55 \div 58$ млн. т. и по прогнозам к 2020 году возрастут до $60 \div 65$ млн. т. По имеющимся данным для того, чтобы добыть 1 тонну угля на открытых угольных разрезах Вьетнама необходимо взорвать, погрузить и произвести транспортировку $10 \div 14$ м³ горной породы [8]. Таким образом, к 2020 году количество образовавшихся твёрдых отходов углеобогащения может достичь $600 \div 910$ млн. м³, что приведёт к значительному экологическому и экономическому ущербу из-за загрязнения окружающей среды и необходимости отведения сотни тысяч квадратных метров площадей для размещения этих отходов.

В настоящее время во Вьетнаме отходы угледобычи частично используются в качестве сырьевых материалов и минеральных добавок при производстве портландцемента на некоторых цементных заводах. Однако объём их использования незначителен.

Согласно решениям, опубликованным в приказе Премьер-министра Вьетнама [9], с целью совершенствования организации и дальнейшего развития производства строительных материалов в стране необходимо решить следующие актуальные вопросы:

- усовершенствовать технологию производства кирпича из глинистого сырья для снижения ущерба, наносимого окружающей среде за счёт уменьшения расходов сырья и топлива, а также меньшего использования земель сельскохозяйственного назначения в качестве глинодобывающих карьеров;

- расширить использование многотоннажных техногенных отходов в качестве глинозамещающих сырьевых материалов.

В технологии стеновых керамических материалов качество глинистого сырья является важнейшим фактором, определяющим технологические параметры производства и характеристики получаемой продукции. В последние годы как в Российской Федерации, так и во Вьетнаме вследствие истощения сельскохозяйственных и аллювиальных земель для развития керамической технологии на перспективу возникла необходимость использовать новые виды сырья – отходы углеобогащения с высоким содержанием глин [10–13].

По вещественному составу отходы углеобогащения представляют собой многокомпонентную смесь, состоящую из различных минеральных включений, глины и остатков угля. В отходах углеобогащения сырья, добываемого в угольных разрезах провинции Куанг Нинь, преобладают аргиллиты и углистые аргиллиты (от 44 до 83 %), песчаники (в среднем 6,3 %), алевролиты (в среднем 14 %) и карбонаты (в среднем 2,5 %) (табл. 1). Кроме того, в таких отходах содержится до $10 \div 28$ % угля [14].

Для определения зависимости между химическим составом глиносодержащих отходов и возможностью их последующего применения была использована диаграмма А.М. Августиника [14–16], на которой по оси ординат принято отношение молей Al_2O_3 и SiO_2 , а по оси абсцисс – сумма молей плавней ($CaO + MgO + Na_2O + K_2O + Fe_2O_3 + TiO_2$). Результаты проведённого анализа представлены в табл.4 и на рис. 2.

Таблица 1

Минеральный состав отходов обогащения углесодержащих горных пород, добываемых в угольных разрезах провинции Куанг Нинь

№ ПП	Наименование минералов	Содержание минералов, % масс.		
		Донг-Трье	Ха-Ту	Ха-Ламь
1	Аргиллиты	70 ÷ 83	44 ÷ 62	51 ÷ 65
2	Алевролиты	7 ÷ 10	15 ÷ 17	16 ÷ 19
3	Песчаники	3 ÷ 6	5 ÷ 7	7 ÷ 10
4	Карбонаты	1 ÷ 4	2 ÷ 4	1 ÷ 3
5	Остатки угля	6 ÷ 10	16 ÷ 28	11 ÷ 17

Основную массу Куангнинских аргиллитов составляют глинистые минералы – гидрослюды и каолинит (от 37 до 42 % масс.) (табл. 2 и 3).

Таблица 2

Минеральный состав аргиллитов, содержащихся в отходах обогащения сырья, добываемого в угольных разрезах провинции Куанг Нинь

Угольные разрезы	Среднее содержание минералов, % масс.						
	Каолинит	Гидрослюды	Хлорит	Кварц	Полевой шпат	Гётит	Остальное
Донг-Трье	13	27	12	39	6	-	амфиболы
Ха-Ту	10	32	13	35	7	-	амфиболы
Ха-Ламь	15	22	10	37	6	6	амфиболы

Таблица 3

Химический состав аргиллитов, содержащихся в отходах обогащения сырья, добываемого в угольных разрезах провинции Куанг Нинь

Угольные разрезы	Среднее содержание оксидов, % масс.									
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	SO ₃	п.п.п.
Донг-Трье	66,72	12,56	7,85	4,56	0,95	2,3	1,16	0,95	0,45	2,5
Ха-Ту	60,74	10,85	8,28	5,54	4,24	3,53	2,25	0,92	0,51	3,14
Ха-Ламь	65,52	12,49	3,26	7,25	1,6	2,48	3,05	0,36	0,74	3,25

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

Таблица 4

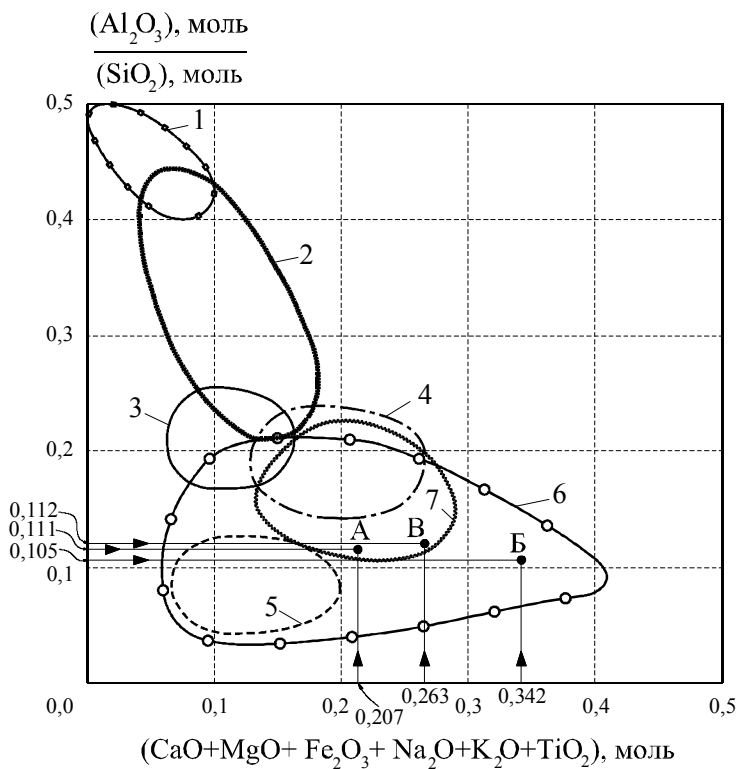
Содержание оксидов в отходах обогащения сырья, добываемого в угольных разрезах провинции Куанг Нинь

Угольные разрезы	Содержание оксидов, моль									
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	Al ₂ O ₃ /SiO ₂	(RO+R ₂ O+Fe ₂ O ₃ +TiO ₂)
Донг-Трье	1,112	0,123	0,049	0,081	0,024	0,037	0,012	0,004	0,111	0,207
Ха-Ту	1,012	0,106	0,052	0,099	0,106	0,057	0,024	0,004	0,105	0,342
Ха-Ламь	1,092	0,122	0,020	0,129	0,040	0,040	0,032	0,002	0,112	0,263

Отходы углеобогащения сырья, добываемого в различных угольных разрезах провинции Куанг Нинь, изображены на диаграмме Августиника в виде точек А, Б и В, которые расположены в области кирпичных глин (рис. 2).

Технологии производства стеновых керамических кирпичей на основе отходов углеобогащения

При использовании отходов обогащения углей в производстве стенового керамического кирпича важное значение имеют их вещественный и минеральный состав, а также влажность, которые определяют рациональный выбор одного из двух способов производства: пластического формования или полусухого прессования [17–19].



Области применения глинистого сырья:

- 1 – каолины и глины, пригодные для производства огнеупорных (шамотных) изделий;
- 2 – глины, пригодные для производства керамических камней, плиток для пола, канализационных труб и кислотоупоров;
- 3 – гончарные и терракотовые глины;
- 4 – черепичные глины;
- 5 – клинкерные глины;
- 6 – кирпичные глины;
- 7 – керамзитовые глины.

Рис. 2. Расположение исследуемого глинистого сырья на диаграмме Августиника

Примечание: А – отходы углеобогащения сырья с угольного разреза Донг-Трье;

Б – отходы углеобогащения сырья с угольного разреза Ха-Ту;

В – отходы углеобогащения сырья с угольного разреза Ха-Ламь

Способ пластического формования следует применять, если используемые отходы содержат достаточное количество влажной глины и поэтому нет необходимости её добавления в сырьевую композицию. В противном случае для производства стеновой керамики более рациональным будет способ полусухого прессования.

Технологические схемы организации производства стеновых керамических кирпичей указанными способами представлены на рис. 3 и 4.

При рассмотрении двух вариантов технологии производства стеновых керамических кирпичей необходимо обратить внимание на следующие вопросы:

- поскольку отходы углеобогащения имеют значительную твёрдость, то для их измельчения необходимо использовать щековую дробилку;

- процесс переработки сырья требует использование роликовой или шаровой мельницы для получения сырьевой смеси требуемого гранулометрического состава, позволяющей формировать качественный кирпич-сырец;

- отходы углеобогащения представляют собой твёрдую и низкосвязанную массу, поэтому в зависимости от их состава для обеспечения возможности последующего формирования изделий

нужно добавить до 10 ÷ 25 % масс. глины. Причём, чем больше в отходах содержится глинистых включений, тем меньшее количество глины требуется добавлять;

- из рассмотренных выше двух способов получения керамических кирпичей полусухое прессование будет более рациональным, так как измельчённые отходы углеобогащения имеют низкую влажность и поэтому без дополнительного увлажнения не могут образовывать сырьевую ленту при выдавливании из пресса по методу пластического формования;

- основным недостатком способа пластического формования является необходимость сушки сырца перед обжигом [20];

- при производстве стеновых керамических кирпичей способом полусухого прессования из-за меньшей влажности сырца отпадает необходимость его предварительной сушки перед обжигом или проведение этих операций можно совместить в одном агрегате, что экономит время и топливо, а также способствует обеспечению правильности формы и требуемых размеров кирпича, имеющих большое значение для прочности будущей кладки.

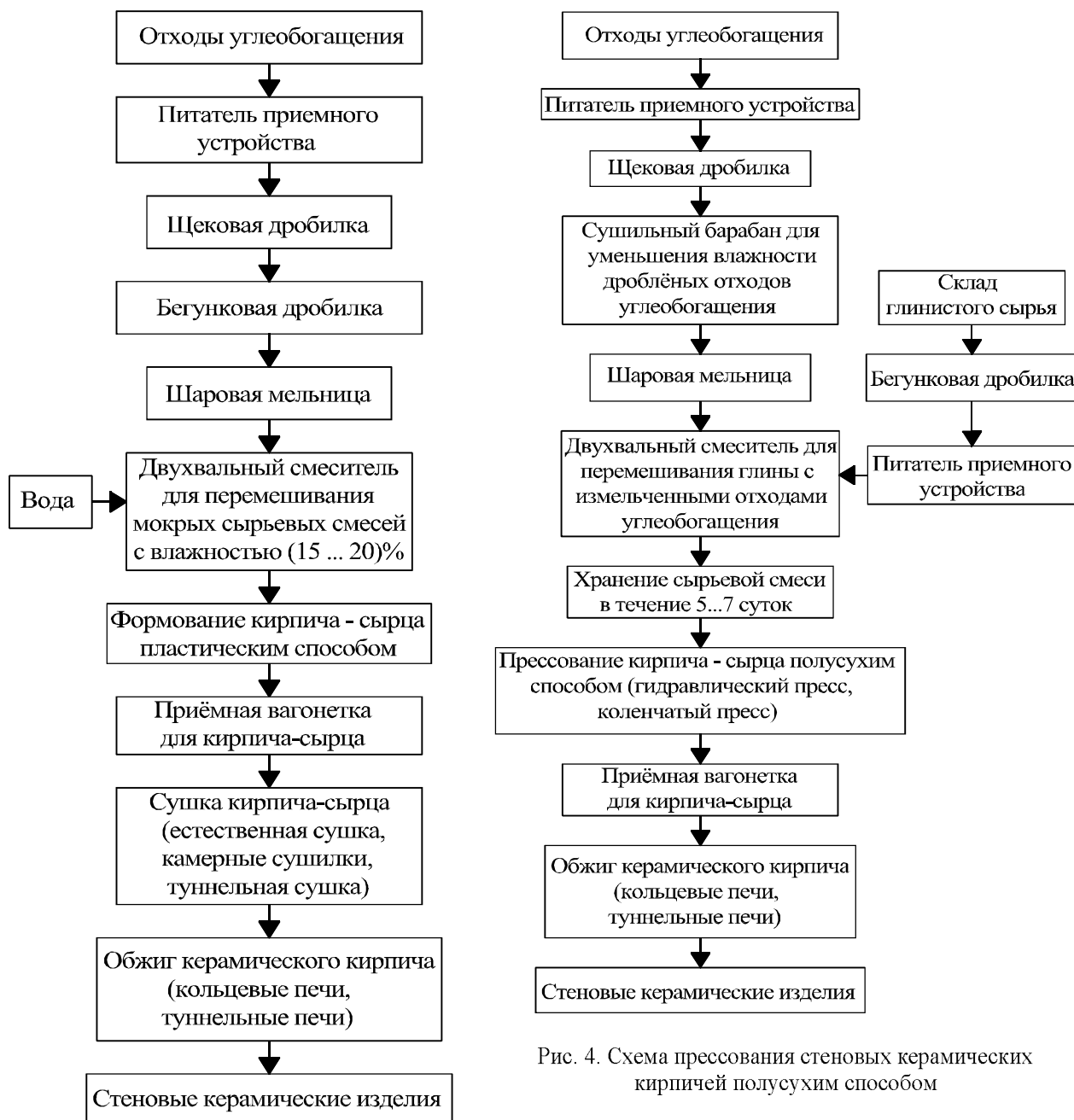


Рис. 3. Схема формирования стеновых керамических кирпичей пластическим способом

Основные эксплуатационные показатели стеновых керамических кирпичей, произведённых способом полусухого прессования, приведены в табл. 5 и на рис. 5.

Таблица 5

Физико-механические характеристики стеновых керамических кирпичей с двумя горизонтальными пустотами, полученных из отходов углеобогащения сырья разреза Донг-Трье на производственной линии завода Хыу-Хунг

Состав	Прочность на сжатие, МПа	Прочность при изгибе, МПа	Водопоглощение, %	Объёмная масса, кг/м ³	Плотность, г/см ³
75 % отходов + 25 % глины	7,0	1,63	8,6	1610	2,55
80 % отходов + 20 % глины	6,6	1,61	9,2	1570	2,42
90 % отходов + 10 % глины	6,5	1,59	9,6	1520	2,40
100 % отходов	6,3	1,55	10,6	1450	2,41



Рис. 5. Процесс производства стенового керамического кирпича из отходов углеобогащения на заводе Хыу Хунг

Выводы. На основе полученных экспериментальных результатов можно сделать следующие выводы:

- стеновые керамические кирпичи, полученные способом полусухого прессования из сырьевой композиции на основе глинодержащих отходов углеобогащения с добавлением до 10 ± 25 % масс. глины, имеют требуемые эксплуатационные показатели, массу от 1,8 до 2,5 кг и обладают пористой структурой из-за выгорания остатков угля в процессе обжига, что помимо снижения массы изделий будет способствовать повышению их тепло- и звукоизоляционных свойств;

- технология полусухого прессования достаточно проста, по сравнению со способом пластического формования требует меньшего расхода топлива из-за отсутствия необходимости предварительной сушки сырца перед обжигом и позволяет получать готовые изделия более правильной геометрической формы;

- использование отходов обогащения углей для производства стеновых керамических изделий во Вьетнаме позволяет улучшить экологическую и экономическую ситуацию в стране за счет сохранения природных сырьевых и земельных ресурсов, снижения уровня загрязнения почвы, воды и воздуха и уменьшения затрат, вызванных необходимостью организации хранения отходов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Грачева Ю. В., Глухова М. В. Результаты исследования возможности использования глин Пензенских месторождений в производстве стеновых керамических материалов. Часть 1 // Интернет-Вестник ВолгГАСУ. 2012. №2 (22). С. 1–9.
2. Стороженко Г.И., Столбоушкин А.Ю., Мишин М.П. Перспективы отечественного производства керамического кирпича на основе от-

ходов углеобогащения // Строительные материалы. 2013. № 4. С. 57–61.

3. Лотош В.Е. Переработка отходов природопользования. Екатеринбург, 2007, 511 с.

4. Столбоушкин А.Ю. Стеновые керамические материалы матричной структуры на основе неспекающегося малопластичного техногенного и природного сырья. Дис. док. техн. наук. Новосибирск. 2014, 395 с.

5. Стороженко Г. И., Столбоушкин А.Ю., Перепечко Л.Н. Переработка отходов обогащения углей Коркинского угольного разреза с целью получения топлива и сырья для производства керамического кирпича // Горение топлива: теория, эксперимент, приложения. Тезисы докладов IX Всероссийской конференции с международным участием, 16–18 ноября 2015 г. Новосибирск, 2015. С. 127–129.

6. Поздив В.Н., Михальцевич В.В., Лященкол А.П. Блочно-модульные установки для обогащения высокозольных отходов угледобычи // Уголь. 2001. №5. С.51–56.

7. ГОСТ 530-2012. Кирпич и камень керамические. Общие технические условия // М., Стандартинформ. 2012, 43 с.

8. Đỗ Ngọc Tước, Bùi Duy Nam, Nguyễn Thị Liên - Viện KHCN Mỏ. Bùi Xuân Nam, Nguyễn Phú Vự - Trường Đại học Mỏ - Địa chất. Công nghệ khai thác và đào sâu hợp lý cho các mỏ than lộ thiên vùng Quảng Ninh. Tuyển tập báo cáo Hội nghị Khoa học lần thứ 20, Đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội, 15/11/2012, Tr. 127–130. (До Нгок Тьок, Буй Суан Нам, Нгуен Тхи Лиен, Буй Суан Нам, Нгуен Пхук Ву. Горнорудная технология и рациональное углубление на открытых угольных разрезах в провинции Куанг Нинь. 20-я научная конференция Ханойского горно-геологического университета. 15/11/2012. С. 127–130.)

9. Thủ tướng chính phủ. Quyết định số: 121/2008/QĐ-TTg ngày 29 tháng 08 năm 2008 của

Thủ tướng Chính phủ, về việc “Phê duyệt Quy hoạch tổng thể phát triển vật liệu xây dựng Việt Nam đến năm 2020”, 8 tr. (Канцелярия Премьер-министра Вьетнама. Приказ №121/2008/QĐ-TTg, от 29 августа 2008 года «Об утверждении генерального плана по развитию производства строительных материалов во Вьетнаме до 2020 года», 8 с.).

10. Кочнева Т. Опыт применения отходов горной промышленности в производстве керамического кирпича // Строительные материалы. 2003. №2. С. 39–41.

11. Столбоушкин А.Ю., Стороженко Г.И. Отходы углеобогащения как сырьевая и энергетическая база заводов керамических стеновых материалов // Строительные материалы. 2011. №4. С. 43–46.

12. Николаенко М.А. Грунтобетоны на основе отходов угледобычи. Автореф. дис. канд. техн. наук. М., 2008, 42 с.

13. Trịnh Hồng Tùng. Sử dụng phế thải phế liệu để sản xuất Vật liệu Xây dựng, Bài giảng dành cho Cao học ngành Vật liệu Xây dựng, Trường Đại học Xây Dựng, Hà Nội. 2010, 25 tr. (Тхин Гон Тунг. Использование промышленных отходов для производства строительных материалов. Сборник лекций для аспирантов специальности «Строительные материалы» Ханойского строительного университета. Ханой. 2010, 25 с.).

14. Завадский В.Ф. Стеновые материалы и изделия // Омск: Изд. СибАДИ. 2005, 254 с.

15. Vũ Minh Đức. Sử dụng phế thải trong công nghệ gốm. Bài giảng dành cho học viên Cao học ngành Vật liệu Xây dựng, Trường đại học Xây dựng, Hà Nội, 2010, 50 с. (Бу Минь Дык. Использование отходов в технологии производства строительной керамики. Сборник лекций для аспирантов специальности «Строительные материалы» Ханойского строительного университета. Ханой.

2010, 50 с.).

16. Vũ Minh Đức. Công nghệ Gốm Xây dựng. Nhà xuất bản Xây dựng, 2001. 511 tr. (Бу Минь Дык. Технологии строительной керамики. Изд. Строительство. 2001, 511 с.).

17. Tăng Văn Lâm. Nghiên cứu sử dụng phế thải trong quá trình khai thác than để sản xuất vật liệu gạch gốm tường có cấu trúc đặc. Thông tin Công nghệ Mỏ. 2013. №02. Tr. 36–40. (Танг Ван Лам. Исследование возможности использования отходов угледобычи для производства полнотелых керамических стеновых материалов. Горно-технический информационный бюллетень. 2013. №2. С. 36–40).

18. Nguyễn Anh Tuấn, Hoàng Minh Hùng, Nguyễn Hữu Nhân, Nguyễn Quốc Thịnh. Nghiên cứu sản xuất vật liệu xây dựng từ xỉ thải các nhà máy tuyển than. Thông tin khoa học công nghệ mỏ. 2010. №01. Tr. 57–63. (Нгуен Ань Туан Хоанг Мин Ханг, Нгуен Хыу Ня, Нгуен Куок Тхинь. Оценка возможности использования отходов предприятий по добыче и переработке угля для производства строительных материалов. Горно-технический информационный бюллетень. 2010. №1. С. 57–63).

19. Nguyễn Quốc Thịnh, Lê Hồng Đức. Nghiên cứu sản xuất gạch từ nguồn đá xỉ thải của nhà máy tuyển than Cửa Ông. Thông tin khoa học công nghệ mỏ. 2009. №01. Tr. 75–80. (Нгуен Куок Тхинь, Ле Хонг Дык. Возможность использования отходов угольных разрезов Куа Онг для производства строительных материалов. Горно-технический информационный бюллетень. 2009. №1. С. 75–80).

20. Барабанщиков Ю. Г. Строительные материалы и изделия // Изд. центр «Академия». 2008, 368 с.

Tang Van Lam, Bulgakov B.I., Alexandrova O.V., Larsen O.A., Shuvalov E.A., Dao Viet Doan
USE OF WASTE COAL FOR THE PURPOSE OF OBTAINING RAW MATERIALS
FOR THE PRODUCTION OF WALL CERAMIC BRICKS

The possibility of using wastes generated as a result of mining and processing of raw materials in the coal sections of Quang Ninh province in Vietnam for the production of wall ceramic bricks by the method of semi-dry pressing is considered. This will help improve the environment, save natural resources and reduce the costs of organizing waste storage. Adding ash residues to concrete and mortar reduces the consumption of cement and increases their corrosion resistance by binding free calcium hydroxide to less soluble compounds, as well as saving natural non-renewable raw materials.

As a result of the conducted experimental studies it was found that wall ceramic bricks obtained by the method of semi-dry pressing from a raw composition based on clay-containing waste of coal enrichment with the addition to 10÷25 % of clay from mass have the required performance parameters, weight from 1,8 to 2,5 kg and have a porous structure due to burning coal residues in the firing process, in addition to reducing weight products will enhance their thermal and acoustic insulation properties.

Key words: waste coal enrichment, environmental pollution, semi-dry method of pressing, plastic molding method, clay raw materials, wall ceramic brick.

Танг Ван Лам, аспирант кафедры «Технологии вяжущих веществ и бетонов».
Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет.
Адрес: Россия, 129337, г. Москва, ул. Ярославское шоссе, д. 26.
E-mail: lamvantang@gmail.com

Булгаков Борис Игоревич, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Технологии вяжущих веществ и бетонов».
Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет.
Адрес: Россия, 129337, г. Москва, ул. Ярославское шоссе, д. 26.
E-mail: fakultetst@mail.ru

Александрова Ольга Владимировна, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Технологии вяжущих веществ и бетонов».
Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет.
Адрес: Россия, 129337, г. Москва, ул. Ярославское шоссе, д. 26.
E-mail: aleks_olvl@mail.ru

Ларсен Оксана Александровна, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Технологии вяжущих веществ и бетонов».
Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет.
Адрес: Россия, 129337, г. Москва, ул. Ярославское шоссе, д. 26.
E-mail: larsen.oksana@mail.ru

Шувалова Елена Александровна, аспирант кафедры «Технологии вяжущих веществ и бетонов».
Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет.
Адрес: Россия, 129337, г. Москва, ул. Ярославское шоссе, д. 26.
E-mail: sh.elena@list.ru

Дао Вьет Доан, кандидат технических наук, доцент кафедры «Техника строительства».
Ханойский государственный горно-геологический университет.
Адрес: Вьетнам, г. Ханой, Дык Тханг, Фо Виен 18.
E-mail: daovietdoan@gmail.com