



DOI: 10.15593/2224-9826/2019.3.06

УДК 666.691: 669.86.002.3

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ МИНЕРАЛЬНОЙ ВАТЫ В ПРОИЗВОДСТВЕ КЕРАМИЧЕСКИХ СТЕНОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

В.З. Абдрахимов

Самарский государственный экономический университет, Самара, Россия

О СТАТЬЕ

Получена: 03 апреля 2019

Принята: 25 июня 2019

Опубликована: 7 октября 2019

Ключевые слова:

стеновые материалы, легкоплавкая глина, отходы минеральной ваты, базальт-габбро-норитовая шихта, утилизация.

АННОТАЦИЯ

Экологическая ситуация в России характеризуется высоким уровнем антропогенного воздействия на природную среду, значительными экологическими последствиями прошлой экономической деятельности. На удаление и хранение образующихся отходов затрачивается 8–10 % стоимости производимой продукции, поэтому утилизация таких отходов имеет первостепенное значение. Одна из наиболее актуальных проблем при обеспечении экологической безопасности – это снижение уровня опасности при обращении с отходами. За счет вовлечения многотоннажных отходов в производство керамических материалов массового потребления, к которым относятся стеновые материалы, возможно кардинально изменить параметры сырьевой базы России, что поспособствует также снижению экологической напряженности в регионах. Сокращение запасов традиционного природного сырья заставляет искать новые способы его замещения различными видами отходов. Опыт передовых зарубежных стран показал техническую осуществимость этого направления и применения еще и как инструмента защиты природной среды от загрязнения. Вместе с тем из отходов или из отходов в комбинации с природным сырьем могут быть изготовлены практически все основные строительные материалы. На основе легкоплавкой глины и отхода базальт-габбро-норитовой шихты, которая образуется при производстве минеральной ваты, получен керамический кирпич с высокими физико-механическими показателями, марка кирпича М150 и выше. Безусловным достоинством использования многотоннажных отходов является разгрузка экологической обстановки, что способствует решению вопросов утилизации промышленных отходов и охраны окружающей среды. Разработаны инновационные предложения по использованию отходов от производства минеральной ваты в производстве стеновых материалов – керамического кирпича на основе легкоплавкой глины, новизна которых подтверждена патентом РФ.

© ПНИПУ

© **Абдрахимов Владимир Закирович** – доктор технических наук, профессор, e-mail: 3375892@mail.ru.

Vladimir Z. Abdrakhimov – Doctor of Technical Sciences, Professor, e-mail: 3375892@mail.ru.

THE USE OF WASTE MINERAL WOOL IN THE PRODUCTION OF CERAMIC WALL MATERIALS

V.Z. Abdrakhimov

Samara State University of Economics, Samara, Russian Federation

ARTICLE INFO

Received: 03 April 2019
Accepted: 25 June 2019
Published: 7 October 2019

Keywords:

wall materials, fusible clay, waste of mineral wool, basalt-gabbro-norite charge, utilization.

ABSTRACT

The environmental situation in Russia is characterized by a high level of anthropogenic impact on the environment, significant environmental consequences of past economic activity. Their disposal and storage costs 8–10 % of the cost of products, so the disposal of such waste is of paramount importance. Due to the involvement of multi-tonnage waste in the production of ceramic materials of mass consumption, which include wall materials, it is possible to radically change the parameters of the raw material base of Russia, which also helps to reduce environmental tensions in the regions. The reduction of reserves of traditional natural raw materials makes us look for new ways to replace it with different types of waste. The experience of advanced foreign countries has shown the technical feasibility of this area and the use of more as a tool to protect the environment from pollution. However, almost all basic building materials can be made from waste or from waste in combination with natural raw materials. On the basis of fusible clay and waste basalt-gabbro-norite charge, which is formed in the production of mineral wool obtained ceramic brick with high physical and mechanical properties, brick grade M150 and above. The absolute advantage of the use of multi-tonnage waste is the unloading of the environmental situation, which contributes to the solution of industrial waste disposal and environmental protection. Innovative proposals for the use of waste from the production of mineral wool in the production of wall materials – ceramic bricks based on fusible clay, the novelty of which is confirmed by patents of the Russian Federation.

© PNRPU

Введение

В России экологическая ситуация характеризуется высоким уровнем антропогенного воздействия на окружающую среду, значительными экологическими последствиями прошлой экономической деятельности [1–3]. На удаление и хранение отходов производств затрачивается 8–10 % стоимости производимой продукции, поэтому утилизация таких отходов имеет в настоящее время первостепенное значение. Наиболее актуальной проблемой при обеспечении экологической безопасности является снижение уровня опасности при обращении с отходами производств [4–9]. В настоящее время значительное внимание уделяется проблемам экологической чистоты технологических процессов и безотходности производства [10]. В современной России рациональное природопользование является одним из приоритетных направлений в развитии науки и техники [11].

Сокращение запасов традиционного природного сырья заставляет искать новые способы его замещения различными видами отходов. Опыт передовых зарубежных стран показал техническую осуществимость этого направления и возможность применения еще и как инструмента защиты природной среды от загрязнения. Исследования многих ученых показали, что из отходов или из отходов в комбинации с природным сырьем могут быть изготовлены практически все основные строительные материалы. За счет вовлечения многотоннажных отходов в производство керамических строительных изделий массового потребления, к которым относятся стеновые материалы, можно изменить параметры сырьевой базы России, что будет способствовать также снижению экологической напряженности в регионах.

Одним из самых материалоемких отраслей народного хозяйства является производство стеновых керамических материалов, поэтому рациональное использование топлива, сырья и других материальных ресурсов становится решающим фактором успешного развития экономической реформы. Поэтому применение в керамических материалах отходов производства приобретает особую актуальность [2].

Цель работы. Получение стенового керамического материала на основе малопластичной легкоплавкой глины и отхода базальт-габбро-норитовой шихты, которая образуется при производстве минеральной ваты.

Основная часть

Керамические стеновые материалы.

В группу стеновых материалов кроме блоков и силикатного кирпича входят и керамические материалы: кирпич обыкновенный, различные виды эффективных керамических материалов – кирпич пустотелый, пористо-пустотелый, легковесный и пустотелые камни (рис. 1).

Для снижения чувствительности к сушке керамической шихты, усадки при сушке кирпича-сырца и обжиге готовых изделий широко применяют отощающие добавки: песок, шамот, дегидратированную глину и другие минеральные невыгорающие компоненты [12, 13].

Необходимо отметить, что проведенные исследования многих ученых показали, что применение в качестве отощателя кварцевого песка очень часто не дает желаемого результата, поскольку наиболее подходящий для использования зерновой состав песка размером от 0,5 до 1,5 мм встречается не во всех регионах России.

Во многих регионах России, не имеющих природных отощателей, в качестве последних используют дегидратированную глину, которую получают при термообработке в интервале температур 600–800 °С карьерной глины, из которой удаляется значительная часть химически связанной воды. Введение в составы керамических масс дегидратированной глины (которую можно вводить в пределах 20–40 %, в зависимости от пластичности глины) резко снижает усадку керамического изделия, пластичность шихты и чувствительность к сушке кирпича-сырца [12]. Дегидратированная глина, в отличие от кварцевого песка, может не только уменьшить в изделиях количество трещин, но и полностью их ликвидировать.

Во многих регионах Российской Федерации большинство легкоплавких глин по содержанию оксида алюминия классифицируются как полукислые и кислые, причем такие глины – неспекающиеся, с высоким содержанием красящих оксидов ($Fe_2O_3 > 3\%$) и низким содержанием оксида алюминия ($Al_2O_3 = 10...12\%$). При таком содержании оксида алюминия в глинистых материалах из них невозможно получить кирпич марок М150 и более, а, как известно, для возведения несущих стен нижних этажей зданий повышенной этажности (15 этажей и более) требуется керамический кирпич марок М150–М300. Основным резервом для получения высокомарочных керамических кирпичей и камней являются производственные отходы, содержащие более 15 % оксида алюминия.



Рис. 1. Стеновые керамические материалы
Fig. 1. Wall ceramic materials

Сырьевые материалы. В качестве глинистого сырья для производства стенового материала использовалась легкоплавкая глина Даниловского месторождения Самарской области, которая характеризуется как грубодисперсная, преимущественно с высоким содержанием крупных и средних включений, представленных кварцем, железистыми минералами, гипсом и карбонатными включениями. Химический состав исследуемой глины представлен в табл. 1, минералогический – в табл. 2, а технологические свойства – в табл. 3. Основным породообразующим минералом глины является гидрослюда.

Таблица 1

Химический состав компонентов

Table 1

Chemical composition of component

Компоненты	Содержание оксидов, мас. %							
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	R ₂ O	SO ₃	П.п.п.
Легкоплавкая глина	64,2	10,3	5,68	2,2	4,02	2,5	0,5	8,4
Отходы базальт-габбро-норитовой шихты	50,3	16,5	7,7	3,15	13,25	4,35	–	4,2

Таблица 2

Минералогический состав легкоплавкой глины

Table 2

Mineralogical composition of fusible clay

Содержание минералов, мас. %					
Гидрослюда	Кварц	Гипс	Полевой шпат	Каолинит	Оксиды железа
25–30	25–30	5–7	10–15	10–15	4–5

Таблица 3

Технологические свойства легкоплавкой глины

Table 3

Technological properties of fusible clay

Число пластичности	Содержание глинистых частиц (размером менее 0,005 мм)	Огнеупорность, °С	Спекаемость без деформаций
7–9	15–25	1100–1200	не спекается

Отходы базальт-габбро-норитовой шихты образуются при производстве минеральной ваты и используются в составе керамической массы для производства стеновой керамики в качестве отошителя и интенсификатора спекания. При производстве минеральной ваты чаще всего в качестве отхода производства получается «королек» (на некоторых предприятиях этот отход называют *минвата с «корольком»*, рис. 2) [14, 15].

Как видно из табл. 2, основным породообразующим минералом глины является гидрослюда.

Имея повышенное содержание оксидов железа (Fe₂O₃–13,25) и щелочей (R₂O–4,35 %) отходы базальт-габбро-норитовой шихты интенсифицируют процессы обжига, химический состав представлен в табл. 1, а гранулометрический – в табл. 4.

Технологический процесс. Получение керамического стенового материала (керамического кирпича) осуществлялось по традиционной технологии: сырьевые компоненты (легкоплавкая глина и отходы базальт-габбро-норитовой шихты) измельчали до прохождения сквозь сито 1 мм, затем тщательно перемешивали. Керамическую шихту готовили пластическим спо-

собом при влажности 20–22 % в зависимости от содержания глины, из которой формовали кирпич, затем высушивали кирпич-сырец до влажности не более 5 % и обжигали в муфельной печи при температуре 1050 °С. Изотермическая выдержка при конечной температуре 1 ч. В табл. 5 приведены составы керамических масс, а в табл. 6 – физико-механические показатели кирпича. На составы, представленные в табл. 5, получен патент РФ [16].

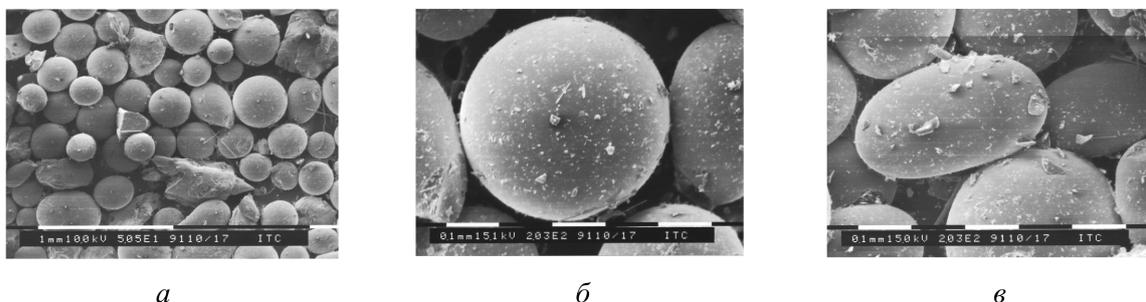


Рис. 2. «Королек». Увеличение: *a* – ×50; *б*, *в* – ×200
Fig. 2. “Regulus”. Gain: *a* – ×50; *б*, *в* – ×200

Таблица 4

Гранулометрический состав отходов производства минеральной ваты

Table 4

Granulometric composition of mineral wool production waste

Фракция, мм	2,5–5	1,25–2,5	0,63–1,25	0,315–0,63	0,14–0,315	менее 0,14
Содержание, %	2,31	3,53	6,85	30,55	37,55	19,21

Полученный керамический кирпич соответствовал марке М150 (составы № 1 и 2) и марке М175 – кирпича, из которого, благодаря использованию отходов базальт-габбро-норитовой шихты, содержащих Al_2O_3 более 15 %, возможно возводить несущие стены нижних этажей зданий повышенной этажности (10 этажей и более).

Таблица 5

Составы керамических масс

Table 5

Compositions of ceramic masses

Отходы цветной металлургии	Содержание компонентов, мас. %		
	1	2	3
Легкоплавкая глина	90	80	70
Отходы базальт-габбро-норитовой шихты	10	20	30

Таблица 6

Физико-механические показатели кирпича

Table 6

Physical and mechanical properties of bricks

Показатели	Составы		
	1	2	3
Механическая прочность на сжатие, МПа	17,0	17,2	18,4
Механическая прочность при изгибе, МПа	3,5	3,7	4,2
Морозостойкость, циклы	55	59	64
Термостойкость, циклы (350 °С – вода 20 °С)	3	5	8

Выводы

1. На основе легкоплавкой глины и отходов базальт-габбро-норитовой шихты (отходы производства минеральной ваты) получен керамический кирпич с высокими физико-механическими показателями.

2. Полученный керамический кирпич соответствовал маркам М150–М175. Из него, благодаря использованию отходов базальт-габбро-норитовой шихты, содержащих Al_2O_3 более 15 %, возможно возводить несущие стены нижних этажей зданий повышенной этажности (10 этажей и более).

3. Безусловным достоинством использования многотоннажных отходов производства минеральной ваты является разгрузка экологической обстановки и решение следующих задач:

- а) утилизация промышленных отходов, что способствует защите окружающей среды;
- б) рациональное природопользование за счет вовлечения отходов в производство керамического кирпича;
- в) сохранение и рациональное использование имеющихся природных сырьевых ресурсов.

Библиографический список

1. Снижение экологического ущерба экосистемам за счет использования нефелинового отвального шлама и шлака от выплавки ферротитана в производстве жаростойких бетонов / Л.А. Ильина, В.З. Абдрахимов, А.К. Кайракбаев, Е.С. Абдрахимова // Экологические системы и приборы. – 2017. – № 10. – С. 21–32.

2. Абдрахимова Е.С., Кайракбаев А.К., Абдрахимов В.З. Исследование регрессивным методом влияния содержания кальцийсодержащих отходов: доломитовых высевок и известняковой муки на физико-механические показатели керамического кирпича // Экологические системы и приборы. – 2015. – № 5. – С. 34–41.

3. Абдрахимова Е.С., Абдрахимов В.З. К вопросу об экономической и экологической целесообразности использования отходов углеобогащения углистых аргиллитов в производстве теплоизоляционных материалов на основе межсланцевой глины // Экологические системы и приборы. – 2014. – № 1. – С. 35–41.

4. Васильев А.В., Тупицына О.В. Экологическое воздействие буровых шламов и подходы к их переработки // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2014. – Т. 16, № 5. – С. 308–313.

5. Estimation of ecotoxicity of petroleum hydrocarbon mixtures in soil based on HPLC – GCXGC analysis / D. Mao, R. Lookman, H. Van de Weghe, R. Weltens, G. Vanermen, N. De Brucker, L. Dies // Chemosphere. – 2009. – Vol. 77, no. 1. – P. 1508–1513.

6. Aging effect of petroleum hydrocarbons in soil under different attenuation Conditions / J. Tang, X. Lu, Q. Sum, W. Zhu // Agriculture, Ecosystems Environment. – 2012. – Vol. 149. – P. 109–117.

7. Biodegradation of semi- and non-volatile petroleum hydrocarbons in aged, contaminated soils from a sub-Arctic site: Laboratory pilot-scale experiment at site temperatures / W. Chang, M. Dyen, L. Spagnuolo, P. Simon, L. Whyte, S. Ghoshal // Chemosphere. – 2010. – Vol. 80. – P. 319–326.

8. Human risk assessment of contaminated soils by oil products: total TPH content versus fraction approach / J. Pinedo, R. Ibez, J.P.A. Lizen, A. Irabien // Hum Ecol. Risk Assess. Int. J. – 2014. – Vol. 20, no. 5. – P. 1231–1248.

9. Study of the Effect of Al_2O_3 on Acid and Thermal Shock Resistance of Acid-Resistant Refractories Using a Regression Analysis Method / A.K. Kairakbaev, V.Z. Abdrakhimov, E.S. Abdrakhimova, A.V. Kolpakov // *Refractories and Industrial Ceramics*. – 2015. – Vol. 56, iss. 3. – P. 276–280.

10. Экология, состояние и перспективы применения огнеупорных материалов и их отходов / А.Н. Пыриков, С.К. Вильданов, А.В. Лиходиевский, П.И. Черноусов // *Новые огнеупоры*. – 2013. – № 3. – С. 265–168.

11. Влияние вещественного состава заполнителя из отходов сжигания топлива на формирование ячеистой структуры газозолобетона / А.Ю. Столбоушкин, А.И. Иванов, Г.И. Бердов, В.А. Сыромясов, М.С. Дружинин // *Строительные материалы*. – 2014. – № 12. – С. 42–45.

12. Кашкаев И.С., Шейман Е.С. Производство глиняного кирпича. – М.: Высшая школа, 1970. – 284 с.

13. Сайбулатов С.Ж., Сулейменов С.Т., Ралко А.В. Золочерамические стеновые материалы. – Алма-Ата: Наука, 1982. – 292 с.

14. Вдовина Е.В., Абдрахимов В.З., Ковков И.В. Физико-химические процессы при обжиге керамических материалов с использованием отходов от производства минеральной ваты – «королька» // *Повышение энергоэффективности зданий и сооружений: межвуз. сб. науч. тр.*, 2008. – Вып. 3. – С. 169–180.

15. Вдовина Е.В., Абдрахимова Е.С. Экологические и практические аспекты использования «королька» (отхода производства минеральной ваты) в производстве кирпича // *Материалы 66-й Всерос. науч.-техн. конф. по итогам НИР университета за 2008 г. / СГАСУ*. – Самара, 2009. – С. 164.

16. Керамическая масса для изготовления керамического кирпича: пат. Рос. Федерация / Абдрахимов В.З. – № 2398752; заявл. 29.06.09; опубл. 10.09.10. Бюл. № 25.

References

1. Ilyina L.A., Abdrakhimov V.Z., Kayrakbaev A.K., Abdrakhimova E.S. Snizheniye ekologicheskogo ushcherba ekosistemam za schet ispol'zovaniya nefelinovogo otval'nogo shlama i shlava ot vyplavki ferrotitana v proizvodstve zharostoykikh betonov [The Reduction of environmental damage to ecosystems due to the use of nepheline dump sludge and slag from the smelting of ferro in the production of heat-resistant concrete]. *Ecological systems and devices*, 2017, no. 10, pp. 21-32.

2. Abdrakhimova E.S., Kayrakbaev A.K., Abdrakhimov V.Z. Issledovaniye regressivnym metodom vliyaniya sodержaniya kal'tsiysoderzhashchikh otkhodov: dolomitovykh vysevok i izvestnyakovoy muki na fiziko-mekhanicheskiye pokazateli keramicheskogo kirpicha [Study of the regression method influence the content of the calcium-containing wastes: bran of dolomite and limestone flour on the physico-mechanical parameters of ceramic bricks]. *Ecological systems and devices*, 2015, no. 5, pp. 34-41.

3. Abdrakhimova E.S., Abdrakhimov V.Z. K voprosu ob ekonomicheskoy i ekologicheskoy tselesoobraznosti ispol'zovaniya otkhodov ugleobogashcheniya uglistykh argillitov v proizvodstve teploizolyatsionnykh materialov na osnove mezhslantsevoy gliny [To the question of economic and ecological expediency of the use of waste coal-rich carbonaceous mud in the production of thermal insulation materials based on inter-shale clay]. *Ecological systems and devices*, 2014, no. 1, pp. 35-41.

4. Vasiliev A.V., Tupitsyna O.V. Ekologicheskoye vozdeystviye burovnykh shlamov i podkhody k ikh pererabotki [Environmental impact of drilling cuttings and approaches to their

processing]. *Proceedings of the Samara Scientific center of the Russian Academy of Sciences*, 2014, vol. 16, no. 5, pp. 308-313.

5. Mao D., Lookman R., Van de Weghe H., Weltens R., Vanermen G., De Brucker N., Dies L. Estimation of ecotoxicity of petroleum hydrocarbon mixtures in soil based on HPLC – GCXGC analysis. *Chemosphere*, 2009, vol. 77, no. 1, pp. 1508-1513.

6. Tang J., Lu X., Sum Q., Zhu W. Aging effect of petroleum hydrocarbons in soil under different attenuation Conditions. *Agriculture, Ecosystems Environment*, 2012, vol. 149, pp. 109-117.

7. Chang W., Dye M., Spagnuolo L., Simon P., Whyte L., Ghoshal S. Biodegradation of semi- and non-volatile petroleum hydrocarbons in aged, contaminated soils from a sub-Arctic site: Laboratory pilot-scale experiment at site temperatures. *Chemosphere*, 2010, vol. 80, pp. 319-326.

8. Pinedo J., Ibbes R., Lizen J., P.A., Irabien A. Human risk assessment of contaminated soils by oil products: total TPH content versus fraction approach. *Hum Ecol. Risk Assess. Int. J.*, 2014, vol. 20, no. 5, pp. 1231-1248.

9. Kairakbaev. A.K., Abdrakhimov V.Z., Abdrakhimova E.S., Kolpakov A.V. Study of the Effect of Al₂O₃ on Acid and Thermal Shock Resistance of Acid-Resistant Refractories Using a Regression Analysis Method. *Refractories and Industrial Ceramics*, 2015, vol. 56, iss. 3, pp. 276-280.

10. Pyrikov A.N., Vil'danov S.K., Chernousov P.I. Ekologiya, sostoyaniye i perspektivy primeneniya ogneupornykh materialov i ikh otkhodov [Ecology, status and prospects of the use of refractory materials and their waste]. *New refractories*, 2013, no. 3, pp. 265-168.

11. Stolboushkin A.U, Ivanov A.I., Berdov G.I., Syromyasov V.A., Druzhinin M.S. Vliyaniye veshchestvennogo sostava zapolnitelya iz otkhodov szhiganiya topliva na formirovaniye yacheistoy struktury gazozolobetona [The influence of the material composition of the filler from the fuel combustion waste on the formation of the cellular structure of aerated concrete]. *Building materials*, 2014, no. 12, pp. 42-45.

12. Kachkaev I.S., Sheiman, E.S. Proizvodstvo glinyanogo kirpicha [Production of clay bricks]. Moscow, Higher school, 1970, 284 p.

13. Saybulatov S.J., Suleimenov S.T., Ralko A.V. Zolokeramicheskiye stenovyye materialy [Raw meal wall materials]. Alma-ATA, Science, 1982, 292 p.

14. Vdovina E.V., Abdrakhimov V.Z., Kovkov I.V. Fiziko-khimicheskiye protsessy pri obzhige keramicheskikh materialov s ispol'zovaniyem otkhodov ot proizvodstva mineral'noy vaty – «korol'ka» [Physical and chemical processes in the firing of ceramic materials using waste from the production of mineral wool - "korolka"]. *Improving the energy efficiency of buildings and structures: interuniversity collection of scientific papers*, 2008, iss. 3, pp. 169-180.

15. Vdovina E.V., Abdrakhimova E.S. Ekologicheskiye i prakticheskiye aspekty ispol'zovaniya «korol'ka» (otkhoda proizvodstva mineral'noy vaty) v proizvodstve kirpicha [Ecological and practical aspects of the use of "korolka" (waste production of mineral wool) in the production of bricks]. *Materials of the 66th all-Russian scientific and technical conference on the results of research of the University in 2008/ SGASU*. Samara, 2009, pp. 164.

16. Abdrakhimov V.Z. Keramicheskaya massa dlya izgotovleniya keramicheskogo kirpicha [Ceramic mass for the manufacture of ceramic bricks]. Patent Rossiiskaia Federatsiia no. 2398752 (2010).