

# Экономическая и практическая целесообразность использования золошлакового материала в производстве легковесного кирпича

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2021-9-58-62>

## САФРОНОВ Е.Г.

Канд. экон. наук, доцент,  
доцент ФГБОУ ВО «Самарский  
государственный технический университет»,  
443100, г. Самара, Россия,  
e-mail: ewgenijsafronow@yandex.ru

## ГЛАЗУНОВА Е.З.

Канд. экон. наук,  
доцент ФГАОУ ВО «Самарский национальный  
исследовательский университет  
имени академика С.П. Королева»,  
443086, г. Самара, Россия,  
e-mail: glazunovaelena@ssau.ru

## ИВАЕВ М.И.

Старший преподаватель  
ФГБОУ ВО «Поволжский государственный  
университет телекоммуникаций и информатики»,  
443010, г. Самара, Россия,  
e-mail: ivaevmarat@ya.ru

## АБДРАХИМОВ В.З.

Доктор техн. наук, профессор,  
профессор ФГБОУ ВО «Самарский  
государственный экономический университет»,  
443090, г. Самара, Россия,  
e-mail: 3375892@mail.ru

*В современных экономических условиях при ограниченном государственном финансировании геологоразведочных работ весьма важным является принятие оптимальных решений по использованию золошлаковых материалов для производства легковесного кирпича, которые дадут максимальный социально-экономический эффект. Поскольку в настоящее время природные сырьевые ресурсы истощены, необходимо вовлекать в производственный оборот золошлаковые материалы для изготовления легковесного кирпича. При этом исключаются затраты на геологоразведочные работы, строительство и эксплуатацию карьеров, освобождаются значительные земельные участки от воздействия негативных антропогенных факторов. Получен строительный легковесный кирпич, который относится к классу Б, плотность кирпича – от 1000 до 1300 кг/м<sup>3</sup>. Строительный легковесный кирпич подразделяют в зависимости от плотности на три класса: А, Б и В.*

**Ключевые слова:** легкоплавкая глина, золошлаковый материал, легковесный кирпич, экология, технические показатели.

**Для цитирования:** Экономическая и практическая целесообразность использования золошлакового материала в производстве легковесного кирпича / Е.Г. Сафронов, Е.З. Глазунова, М.И. Иваев и др. // Уголь. 2021. № 9. С. 58-62. DOI: 10.18796/0041-5790-2021-9-58-62.

## ВВЕДЕНИЕ

При сгорании угля для производства электроэнергии и тепла на ТЭС (тепловых электростанциях) и в котельных по отоплению зданий и сооружений образуется золошлаковый материал. Накопленные отходы называют золошлаковыми отвалами (ЗШО). Такие отвалы являются источниками повышенной экологической опасности и оказывают негативное влияние не только на здоровье человека, но и на атмосферу, подземные и поверхностные воды, растительный и животный мир. ЗШО – это один из источников причины отчуждения земель, которые безвозвратно изымаются из полезного пользования, например в сельском хозяйстве. Кроме того, многие золоотвалы находятся рядом с городами или даже в городской черте.

Необходимо отметить, что в Российской Федерации в 21 веке около двух третей общего количества электрической и тепловой энергии поставляют теплоэлектростанции (ТЭЦ), работающие в основном на органическом топливе, например на угле. А в регионах, бедных гидроэнергетическими ресурсами, теплоэлектростанции до сих пор являются основным источником энергии. Суммарное количество ЗШО зависит от вида топлива и составляет при сжигании, %: бурого угля – 10-15; каменного угля – 15-40; антрацита – 10-30; торфа – 20-30; дров -0,5-1,5; мазута – 0,15-0,2; сланцев – 50-80% [1].

В настоящее время население земного шара должно строго придерживаться типа темпоральных экстерналий. Этот тип экстерналий тесно связан с концепцией устойчивого развития. Современное поколение должно удовлетворять свои потребности, не уменьшая возможности следующих поколений в удовлетворении своих собственных нужд [2].

Эффективная утилизация многотоннажных золошлаковых материалов – одна из актуальных экологических проблем [3]. Неограниченными возможностями использования многотоннажных отходов обладает отрасль, производящая строительные материалы [3, 4]. Это объясняется крупными масштабами строительного комплекса, его материалоемкостью и номенклатурой изделий.

**Постановка задачи.** С учетом сокращения запасов традиционных отощителей и выгорающих добавок необходимо найти новые способы их замещения различными видами отходов. Опыт передовых зарубежных стран показал техническую осуществимость этого направления и применения еще и как инструмента защиты природной среды от загрязнения.

**Цель работы:** получение экономически выгодного легковесного кирпича на основе легкоплавкой глины и золошлакового материала.

### ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЦЕЛЕСОБРАЗНОСТЬ

В современных экономических условиях при ограниченном государственном финансировании геологоразведочных работ весьма важным является принятие оптимальных решений по использованию золошлаковых материалов для производства легковесного кирпича, которые дадут максимальный социально-экономический эффект.

Поскольку в настоящее время природные сырьевые ресурсы истощены, необходимо вовлекать в производственный оборот золошлаковые материалы для изготовления, например, легковесного кирпича. При этом исключаются затраты на геологоразведочные работы, строительство и эксплуатацию карьеров, освобождаются значительные земельные участки от воздействия негативных антропогенных факторов.

Стоимость сырья для производства керамического строительного материала, как известно, иногда достигает 40-45% [5]. Поэтому проблема по снижению цены сырьевых материалов в производстве керамических строительных изделий в России приобретает особую актуальность. Наиболее эффективным решением этой проблемы является использование промышленных отходов в качестве сырьевой базы для производства строительных керамических материалов [5].

В настоящее время в теплоснабжении России около трети составляют потери. В России на отопление жилой площади расходуется в 2-3 раза больше энергии, чем в странах Европы. Так, на индивидуальные дома в России расходуется от 600 до 800 кВт/(м<sup>2</sup>·год), в Германии – 250 кВт/(м<sup>2</sup>·год), в Швеции – 139 кВт/(м<sup>2</sup>·год) [6].

Одним из наиболее эффективных путей решения данной проблемы является сокращение потерь тепловой энергии через ограждающие конструкции зданий, сооружений, промышленного оборудования и тепловых сетей за счет использования эффективных теплоизоляционных материалов. К теплоизоляционным керамическим материалам относятся пористые заполнители и легковесный кирпич.

Одной из актуальных задач промышленности теплоизоляционных материалов в настоящее время является производство изделий с высокой эффективностью, теплопроводность которых не более 0,25 Вт/(м<sup>о</sup>·С). Производство и потребление таких теплоизоляционных материалов в России гораздо меньше, чем в странах Европы и Северной Америке, несмотря на то, что там во многих странах климат гораздо мягче.

Для получения легковесного кирпича необходимо использовать выгорающие добавки. К группе выгорающих добавок относятся различные виды твердого топлива, в частности антрацит, коксовая мелочь и др. Их вводят в состав шихты до 5% по объему, то есть до 50-70% от общей потребности топлива на обжиг изделий. Назначение их – создавать пористость в керамических материалах и интенсифицировать процесс обжига внутри изделий.

Для производства легковесного кирпича в качестве выгорающей добавки целесообразно использовать золошлаковый материал, содержащий углерод ( $C_a$  – содержание несгоревших органических остатков) более 7%, теплотворная способность  $\theta_p^H$  – более 1500 ккал/кг [7].

### СЫРЬЕВЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Для получения легковесного кирпича использовались сырьевые материалы Актюбинской области: в качестве связующего – легкоплавкая глина Илекского месторождения, а в качестве отощителя (для снижения усадки и сокращения времени сушки) и выгорающей добавки – золошлаковый материал. Химические составы компонентов представлены: оксидный – в табл. 1, поэлементный – в табл. 2; фракционный – в табл. 3, технологический – в табл. 4, минералогические составы – на рис. 1, а микроструктура – на рис. 2.

**Легкоплавкая глина Илекского месторождения.** Огнеупорность глины – 1300-1320°C (легкоплавкая), число пластичности – 18-20 (среднепластичная), содержание тонкодисперсных фракций размером менее 1 мкм – 40-60% (дисперсное).

**Золошлаковый материал «АО Актобе ТЭЦ».** За счет повышенных содержаний в золе: органики (п.п.п. = 16,3%, см. табл. 1), углерода ( $C = 8,8\%$ , см. табл. 2) и теплотворной способности (1900 ккал/кг, см. табл. 4), которые выгорают или способствуют выгоранию (например, теплотворная способность) при обжиге, в керамическом материале создается пористость и получается пористый материал с низкой плотностью [6, 7].

Таблица 1

**Оксидный химический состав сырьевых материалов**

Компонент	Содержание оксидов, мас. %						
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	R <sub>2</sub> O	П.п.п.
Легкоплавкая глина Илекского месторождения	49,3	17,97	9,35	2,63	2,48	2,11	16,3
Золошлаковый материал	45-48	15-17	7-8	4-5	2-3	2-3	12-14

Таблица 2

**Поэлементный химический состав сырьевых материалов**

Компонент	Элементы									
	C	O	Na	Mg	Al	Si	Zr	K	Ca	Fe
Легкоплавкая глина Илекского месторождения	3,4	43,2	0,5	0,9	18,1	28,5	–	0,2	0,8	4,4
Золошлаковый материал	8,8	47,3	1,05	0,91	12,3	20,2	1,98	0,92	3,05	4,12

Таблица 3

**Фракционный состав сырьевых материалов**

Компонент	Содержание фракций в %, размер частиц в мм				
	> 0,063	0,063-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	< 0,0001
Легкоплавкая глина Илекского месторождения	2,5	8,4	15,6	20,1	53,4
Золошлаковый материал	15,2	34,1	34,7	11,48	4,51

Таблица 4

**Технологические показатели сырьевых материалов**

Компонент	Теплотворная способность, ккал/кг	Огнеупорность, °С		
		Начало деформации	Размягчение	Жидкоплавкое состояние
Легкоплавкая глина Илекского месторождения	550	1270	1300	1320
Золошлаковый материал	1900	1340	1370	1410

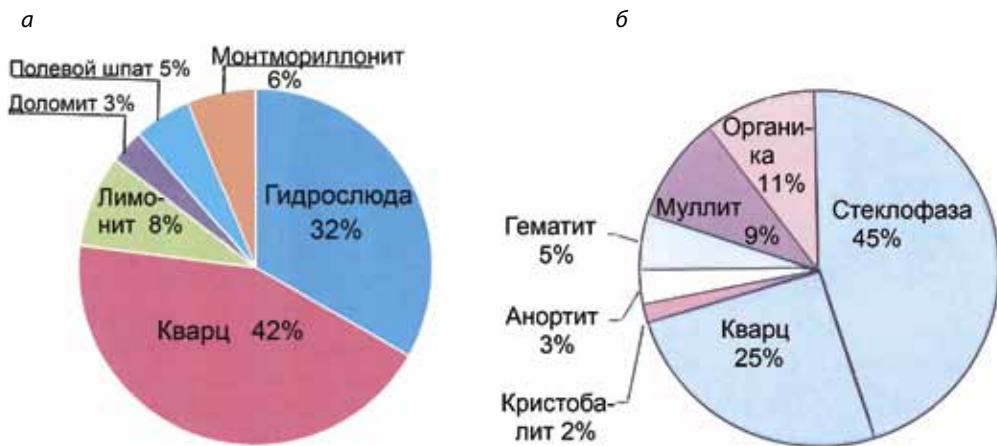


Рис. 1. Минералогический состав сырьевых компонентов:  
а – легкоплавкая глина Илекского месторождения;  
б – золошлаковый материал

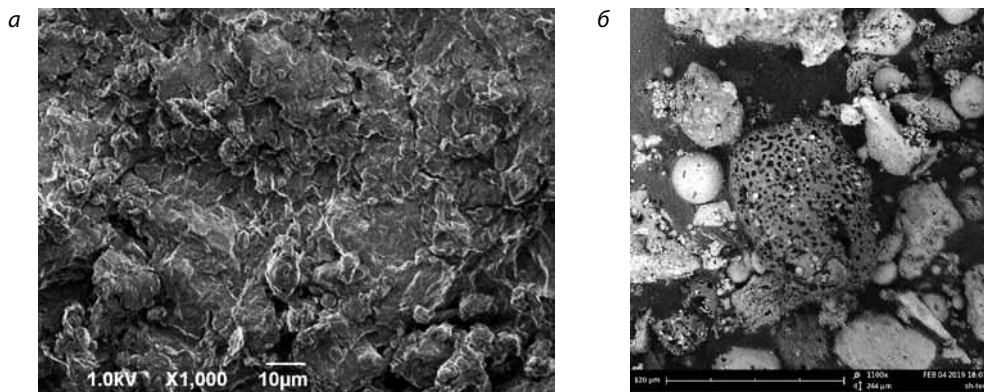


Рис. 2. Микроструктура сырьевых материалов:  
а – легкоплавкая глина Илекского месторождения;  
б – золошлаковый материал. Увеличение:  
а – ×1000; б – ×1100

Составы керамических масс

Компонент	1	2	3
Легкоплавкая глина Илекского месторождения	80	70	60
Золошлаковый материал	20	30	40

Таблица 6

Физико-механические показатели кирпича

Показатели	Составы		
	1	2	3
<b>Физико-механические показатели шихты и кирпича-сырца</b>			
Пластичность шихты (безразмерная величина)	18	15,4	12
Время сушки кирпича, ч	65	58	48
Усадка высушенного кирпича, %	5,8	5,3	4,8
<b>Физико-механические показатели обожженного кирпича</b>			
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	1280	1240	1180
Морозостойкость, циклы	35	32	30
Механическая прочность на сжатие, МПа	12,8	12,2	11,2
Механическая прочность при изгибе, МПа	3,1	2,7	2,5
Теплопроводность, Вт/(м·°С)	0,197	0,193	0,187
Общая усадка, %	6,2	5,7	5,2

### ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЛЕГКОВЕСНОГО КИРПИЧА

Сырьевые материалы высушивались до влажности не более 5%, затем измельчались до прохождения сквозь сито 1,0 мм. Высушенные сырьевые материалы тщательно перемешивали. Керамическую массу готовили пластическим способом при влажности 20-24% (в зависимости от содержания глинистого компонента), из нее формовали кирпич. Кирпич-сырец высушивали до влажности не более 8% и затем обжигали при температуре 1000°С. Изотермическая выдержка при конечной температуре составляла 60 мин. В табл. 5 приведены составы керамических масс, а в табл. 6 – физико-механические показатели кирпича.

Строительный легковесный кирпич подразделяют в зависимости от плотности на три класса: А – от 700 до 1000 кг/м<sup>3</sup>; Б – от 1000 до 1300 кг/м<sup>3</sup>; В – от 1300 до 1450 кг/м<sup>3</sup>. Как следует из табл. 6, полученные кирпичи из составов № 1, 2, 3 относятся к классу Б. На рис. 3 представлена эффективная технология получения легковесного кирпича.

### ВЫВОДЫ

1. Использование золошлакового материала в производстве легковесного кирпича на основе легкоплавкой глины позволяет получать теплоизоляционные материалы: легковесный кирпич с теплопроводностью и плотностью соответственно менее 0,20 Вт/(м·°С) и 1300 кг/м<sup>3</sup>.

2. Получение керамических материалов с применением отходов производства способствует утилизации промышленных отходов, охране окружающей среды и расширению сырьевой базы для строительных материалов.

Безусловным достоинством использования многотоннажных отходов топливно-энергетического комплекса является разгрузка экологической обстановки, что способствует решению следующих задач:



Рис. 3. Технология получения керамического кирпича

- утилизации промышленных отходов и техногенных отложений, что способствует охране окружающей среды;
- вовлечению техногенных образований в производственный оборот для производства строительных материалов, учитывая, что в настоящее время природные сырьевые ресурсы истощены;
- освобождению значительных земельных участков от воздействия негативных антропогенных факторов и раци-

ональному использованию ингредиентов промышленных отходов на объектах стройиндустрии;

- снижению стоимости строительных материалов;
- рациональному природопользованию за счет вовлечение отходов в производство керамических материалов;
- исключению затрат на геологоразведочные работы, строительство и эксплуатацию карьеров.

### Список литературы

1. Саркисов П.Д. Отходы различных производств – сырье для получения строительных материалов // Экология и промышленность России. 2001. Март. С. 4-6.
2. Абдрахимов В.З., Кайракбаев А.К. Экологический менеджмент. Актобе: Учреждение Актыбинский университет, 2019. 240 с.
3. Экологические, экономические и практические аспекты использования многотоннажных отходов топливно-энергетического комплекса – сланцевой золы в производстве пористого заполнителя / Е.Г. Сафронов, А.Н. Сунтеев,

Ю.Ю. Коробкова и др. // Уголь. 2019. № 4. С. 44-49. DOI: 10.18796/0041-5790-2019-4-44-49.

4. Экологический менеджмент и рециклинг железосодержащего шлака ТЭЦ в производстве безобжиговых жаростойких композитов / Ю.Ю. Коробкова, Е.Г. Сафронов, Н.И. Краскова и др. // Уголь. 2020. № 12. С. 49-52. DOI: 10.18796/0041-5790-2020-12-49-52.

5. Использование золошлакового материала на основе бейделлитовой глины в производстве керамического кирпича / В.В. Шевандо, А.В. Абдрахимов, Е.В. Вдовина и др. // Промышленное и гражданское строительство. 2008. № 10. С. 46-47.

6. Влияние топливосодержащих отходов на структуру пористости теплоизоляционного материала / Е.С. Абдрахимова, И.Ю. Рощупкина, В.З. Абдрахимов и др. // Строительство и Реконструкция. 2018. № 2. С. 113-120.

7. Абдрахимов В.З. Экономические и практические аспекты использования отходов горючих сланцев в производстве легковесного кирпича // Экономика строительства. 2020. № 1. С. 64-73.

### Original Paper

UDC 691.574:66.013 © E.G. Safronov, E.Z. Glazunova, M.I. Ivaev, V.Z. Abdrakhimov, 2021  
ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2021, № 9, pp. 58-62  
DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2021-9-58-62>

### Title

**ECONOMIC AND PRACTICAL FEASIBILITY OF USING ASH AND SLAG MATERIAL IN THE PRODUCTION OF LIGHTWEIGHT BRICKS**

### Authors

Safronov E.G.<sup>1</sup>, Glazunova E.Z.<sup>2</sup>, Ivaev M.I.<sup>3</sup>, Abdrakhimov V.Z.<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Samara State Technical University, Samara, 443100, Russian Federation

<sup>2</sup> Samara National Research University (Samara University), Samara, 443086, Russian Federation

<sup>3</sup> Volga State University of Telecommunications and Informatics, Samara, 443010, Russian Federation

<sup>4</sup> Samara State University of Economics, Samara, 443090, Russian Federation

### Authors Information

**Safronov E.G.**, PhD (Economic), Associate Professor,  
e-mail: ewgenijsafronow@yandex.ru

**Glazunova E.Z.**, PhD (Economic), Associate Professor,  
e-mail: glazunovaelena@ssau.ru

**Ivaev M.I.**, Senior Lecturer, e-mail: ivaemar@ya.ru

**Abdrakhimov V.Z.**, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Professor,  
e-mail: 3375892@mail.ru

### Abstract

In modern economic conditions, with limited state funding for geological exploration, it is very important to make optimal decisions on the use of ash and slag materials for the production of lightweight bricks, which will give the maximum socio-economic effect. Since natural raw materials are currently depleted, it is necessary to involve ash and slag materials for the manufacture of lightweight bricks in the production turnover. At the same time, the costs of geological exploration, construction and operation of quarries are excluded, and significant land plots are exempt from the impact of negative anthropogenic factors. A light-weight building brick, which belongs to class B (brick density from 1000 to 1300 kg/m<sup>3</sup>), is divided into three classes depending on the density: A (from 700 to 1000 kg/m<sup>3</sup>), B, C.

### Keywords

Low-melting clay, Ash-slag material, Lightweight brick, Ecology, Technical indicators.

### References

1. Sarkisov P.D. Waste from various industries – raw materials for the production of building materials. Ecology and Industry of Russia, March 2001, pp. 4-6. (In Russ.).

2. Abdrakhimov V.Z. & Kairakbaev A.K. Environmental management. Aktobe, Aktubinsk University Institution, 2019, 240 p.

3. Safronov Ye.G., Sunteev A.N., Korobkova Yu.Yu. & Abdrakhimov V.Z. Environmental, economic and practical aspects of the use of large-tonnage waste of fuel and energy complex – shale ash in the production of porous filler. *Ugol'*, 2019, (4), pp. 44-49. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2019-4-44-49.

4. Korobkova Yu.Yu., Safronov E.G., Kraskova N.I. & Abdrakhimov V.Z. Environmental management and recycling of iron-containing slag of CHPP in the production of non-incinerated heat-resistant composites. *Ugol'*, 2020, (12), pp. 49-52. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2020-12-49-52.

5. Shevando V.V., Abdrakhimov A.V., Vdovina E.V. et al. The use of ash and slag material based on beidellite clay in the production of ceramic bricks. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*, 2008, (10), pp. 46-47. (In Russ.).

6. Abdrakhimova E.S., Roshchupkina I.Yu., Abdrakhimov V.Z. et al. Influence of fuel-containing waste on the porosity structure of thermal insulation material. *Construction and Reconstruction*, 2018, (2), pp. 113-120. (In Russ.).

7. Abdrakhimov V.Z. Economic and practical aspects of the use of waste oil shale in the production of lightweight bricks. *Construction economics*, 2020, (1), pp. 64-73. (In Russ.).

### For citation

Safronov E.G., Glazunova E.Z., Ivaev M.I. & Abdrakhimov V.Z. Economic and practical feasibility of using ash and slag material in the production of lightweight bricks. *Ugol'*, 2021, (9), pp. 58-62. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2021-9-58-62.

### Paper info

Received February 23, 2021

Reviewed June 16, 2021

Accepted August 17, 2021