

Экология, цифровая экономика и практические аспекты использования золошлакового материала в производстве пористого заполнителя

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-6-48-54>



ЛАУХИН В.М.

Аспирант
Самарского государственного
экономического университета,
443110, г. Самара, Россия,
e-mail: Laob63@mail.ru



АБДРАХИМОВ В.З.

Доктор техн. наук, профессор,
профессор Самарского
государственного
экономического университета,
Почетный работник высшего
профессионального образования РФ,
443110, г. Самара, Россия,
e-mail: 3375892@mail.ru

Исследуемый в настоящей работе золошлаковый материал – это отход топливно-энергетического комплекса, являющегося в России главным загрязнителем биосферы. Исследования установили, что на основе жидкостекольной композиции с содержанием 70% золошлакового материала можно получить пористый заполнитель марки М350, теплопроводность которого менее 0,25 Вт/(мх°С). Использование цифровой экономики в современном обществе, включая развитие технических возможностей, формирует новую цифровую среду, которая выявит и экологические нарушения. Цифровая среда будет играть в будущем более существенную роль при соотношении техносферы с окружающей природной средой.

Ключевые слова: экология, цифровая экономика, золошлаковый материал, пористый материал, жидкостекольная композиция.

Для цитирования: Лаухин В.М., Абдрахимов В.З. Экология, цифровая экономика и практические аспекты использования золошлакового материала в производстве пористого заполнителя // Уголь. 2023. № 6. С. 48-54. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-6-48-54.

ВВЕДЕНИЕ

Практически все производства в основном основываются на изъятии природного традиционного сырья и его переработке в необходимый продукт, что способствует образованию техногенных отходов (техногенного сырья) и загрязнению экологических систем [1, 2, 3]. Причем необходимо отметить, что количество образующихся техногенных отходов прямо пропорционально объемам производства основного вида продукции.

Постановка такого острого вопроса, когда экономика не должна отрицательно действовать на экологию, показывает существование противоречий между целями человека экономического характера и целями выживания самой природы, хотя в обоих терминах существует единство, потому что эти два названия имеют один корень «экос» (дом) [2]. Человечество уже сегодня должно сделать выводы и признать существующую угрозу,

которая может уничтожить все высшие формы жизни, поэтому, хотя и с запозданием, но люди просто обязаны сохранить все формы жизни.

Кроме того, человечество, живущее в настоящее время, должно считаться с темпоральными временными экстерналиями между поколениями, так как этот тип экстерналий тесно связан с коцепцией устойчивого развития. Современное поколение обязано для удовлетворения своих потребностей не уменьшать возможности следующих поколений в удовлетворения собственных нужд [2, 3]. Так, например, истощение в ближайшем будущем нефти, газа, угля, массовая деградация плодородных земель создадут для будущего поколения энергетические и производственные проблемы.

В этом случае возможны и положительные темпоральные экстерналии за счет создания и использования: высокотехнологических производств; формирования новой цифровой среды, которая поможет выявить экологические нарушения; достижения научно-технической революции; освоения дешевых технологий производства энергии (солнечная, ветровая и т.д.), которые в будущем дадут значительный экономический эффект.

В России главным загрязнителем биосферы является топливно-энергетический комплекс: выбросы в атмосферу – 47-48%; сбросы загрязняющих сточных вод – 26-27% и твердые отходы – 22-25%. Исследуемый в настоящей работе золошлаковый материал относится к отходам топливно-энергетического комплекса.

Цель работы: формирование новой цифровой среды, которая в будущем поможет выявить экологические нарушения, получение с использованием золошлакового материала на основе жидкостекольных композиций пористых заполнителей и исследование их фазового состава и пористости.

ЦИФРОВАЯ ЭКОНОМИКА И ЭКОЛОГИЯ

Использование цифровой экономики, включая развитие технических возможностей в современном обществе, формирует новую цифровую среду, которая выявит и экологические нарушения [4, 5, 6, 7]. Цифровая среда будет играть в будущем более существенную роль при соотношении техносферы и окружающей природной среды.

Сегодня в России отмечают экологические кризисы во многих регионах, поэтому требуется оптимальное решение, в том числе и с использованием цифровой экономики и цифрового права. Ученые отмечают, что концепция устойчивого развития во многом связана с сохранением биосферы и природного капитала совместно с техносферой и социосферой. Социосфера – термин введен немецким географом Э. Нефом (1967 г.) для обозначения части географической оболочки, включающей в свой состав все человечество, а также освоенную в ходе различных видов деятельности часть природной среды. Однако в реальной жизни на экологические аспекты часто не обращают должного внимания. Поэтому возникают вопросы: каким образом цифровая среда может оказать влияние на экологическую безопасность, или, наоборот, как с помощью цифровизации человечество сможет улучшить состояние экологии? Цифровая среда хотя и может быть невидимой, но она имеет реальные

последствия для окружающей среды. Исследование, проведенное во Франции в 2019 г., которое было озвучено на Международном форуме по погоде и климату (IWF), показало, что только 40% участников опроса осознают тесную связь между цифровыми и климатическими изменениями [5, 6, 7].

Необходимо отметить, что все работы по цифровизации экологии и экономики находятся в зачаточном состоянии, в связи с чем экологическая безопасность пока еще стоит на начальной стадии. Одним из решений может выступать современная концепция «зеленой» экономики, приходящая на смену старой «модели ресурсоемкой экономики», практически поддерживаемая сегодня многими государствами.

Зеленая экономика – это экономика, которая не влияет на природные активы. Концепция «зеленой» экономики поддерживает сохранение ресурсов и снижает негативное воздействие на природу. Рост качества жизни человека «соседствует» с ростом природного капитала. Это называют «зеленым» ростом». Цель «зеленой» экономики – повышать благополучие общества, уменьшая нагрузку на экосистему, искать баланс между социальной политикой, экономикой и экологией. Принципы «зеленой» экономики – это принципы экологической устойчивости. Общество должно признать, что ресурсы Земли ограничены, поэтому их нужно использовать справедливо и искать способы использования ресурс-возобновляемых сырьевых материалов.

«Зеленая» экономика не заменит концепцию устойчивого развития, возможностей экономической цифровизации и экономико-экологического права.

Цифровые службы могут оказывать воздействие на количество выбросов углекислого газа и климатические изменения. К примеру, в Amazon подсчитали, что в 2018 г. на счету корпорации было выброшено в атмосферу 44,4 мегатонны углекислого газа, что нанесло значительный вред экосистемам [5, 6, 7].

У каждой организации должна быть IT-экосистема, в традиционном понимании – это фундамент для деятельности компании. Кроме того, IT-экосистема – это не только экологичность, но и экономия денег. IT-экосистема, это еще и взаимосвязь всех сервисов компании друг с другом. Каждая компания стремится создать свою экосистему и привлечь в нее большее количество людей. Самый известный пример – Apple. Чтобы войти в экосистему самой дорогой компании мира, надо создать AppleID. Своя музыка, свое хранилище, фототека, видео, архивы, запись истории, пароли. Все устройства Apple связаны друг с другом общим дизайном, IT-платформой, сервисами, аксессуарами, магазинами. Все элементы бренда объединены единой нитью – что в реальной жизни, что в виртуальной.

Однако, если компания переводит свои процессы в цифровой режим, то она должна активно использовать облачные сервисы (или облачный ЦОД) и ресурсы внешних провайдеров (компания, поставщик каких-либо услуг).

Облачный ЦОД или облачный дата-центр представляет собой набор вычислительных мощностей, предоставляемых в аренду (IaaS) для размещения инфраструктуры

в облаке. Облачный ЦОД позволит компании заменить устаревшее или дополнить свое текущее физическое оборудование, добавив ему гибкости и управляемости. Данная услуга является виртуальным центром обработки данных с неограниченными ресурсами, которыми компания можете воспользоваться в любой момент.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

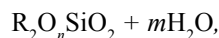
Для исследования керамических образцов в настоящей работе были использованы современные методы химического анализа. В работах [8, 9] хорошо проявил себя электронный растровый микроскоп JEOL-6390A при снятии электронных снимков и определении поэлементного химического состава. Петрографические исследования золошлакового материала с применением прозрачных шлифов, аншлифов и иммерсионных жид-

костей проводили под микроскопами МИН-7 и МИН-8. Качественный минералогический (фазовый) состав пористого заполнителя определялся с помощью рентгенодифрактометрического анализа, который был проведен на автоматизированном дифрактометре ДРОН-3 с $\text{Cu}_{K\alpha}$ -излучением. Дополнительные (подтверждающие рентгеновские) исследования качественного минералогического состава проводили с помощью ИК-спектров на спектрофотометре «Spekord-75JR». Образцы пористых заполнителей были приготовлены в виде суспензии порошка с вазелиновым маслом.

Все вышеперечисленные исследования проводились в соответствии с методикой СамГТУ «Методика определения химического и минералогического составов твердых тел» в аттестованной лаборатории.

СЫРЬЕВЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Жидкое стекло. Для получения пористых заполнителей в качестве связующего использовалось жидкое стекло, которое обладает связующими и клеящими способностями. Жидкое стекло имеет химический состав, который в технической литературе выражается формулой:



где щелочной катион обозначается R(Na+, K+, Li+ или NH₄⁺); n – силикатный модуль жидкого стекла (отношение кремнеземистого компонента к щелочному); m – количество молекул воды. Натриевое жидкое стекло является крупнотоннажным материалом неорганического синтеза и поэтому находит широкое применение в промышленности.

В качестве связующего для изготовления пористых заполнителей в настоящей работе использовалось товарное натриевое жидкое стекло плотностью 1,41 г/см³ по ГОСТ 13075-81. Используемое жидкое стекло затрудняет процесс перемешивания, так как обладает высокой адсорбционной способностью, в таком случае необходимо использовать добавку-коагулятор – хлорид натрия (ГОСТ 13830-97, производства ОАО «Бассоль»), размолотый до размера менее 0,3 мм. Использование в количестве от 2 до 6% хлорида натрия приводит к растворению его, в результате чего понижается силикатный модуль, а жидкое стекло модифицируется. «Модифицирование» жидкого стекла – это введение специальных добавок для улучшения перехода жидкостекольной композиции в твердое состояние [5, 6, 7].

Золошлаковый материал Тольяттинской ТЭС.

Для производства пористого заполнителя в качестве отощителя и выгорающей добавки использовался золошлаковый материал Тольяттинской ТЭС, минералогический состав которого представлен на рис. 1.

Отощители в производстве керамических материалов используются для сокращения сроков сушки и усадки. К группе выгорающих добавок относятся различные виды твердого топлива, в частности антрацит, коксовая мелочь и др., которые вводят в состав шихты – 3-5% по объему, т.е. до 50-70% от общей потребности топлива на обжиг изделий. Назначение их – интенсифицировать процесс обжига, улучшить спекаемость массы и тем самым повысить прочность изделий. Золошлаковый материал

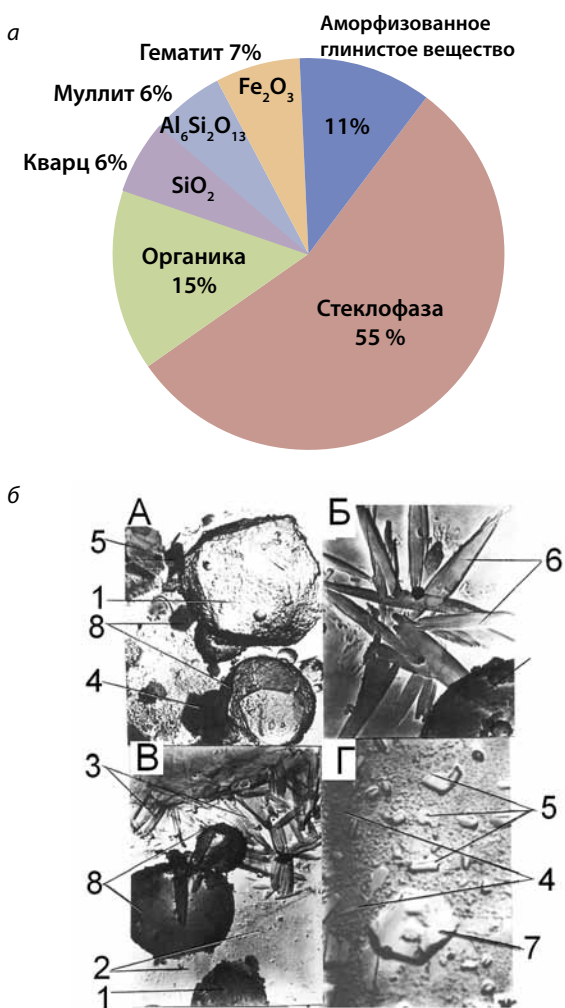


Рис. 1. Минералогические составы золошлакового материала: а – процентное содержание минералов; б – электронные фото: 1 – магнетит, 2 – стекло, 3 – муллит, 4 – органические включения, 5 – кварц, 6 – анортит, 7 – полевоы шпат, 8 – гематит. Увеличение А и В x 20000; Б и Г x 24000

Fig. 1. Mineralogical compositions of ash and slag material: a – percentage content of minerals; б – electronic photo: 1 – magnetite, 2 – glass, 3 – mullite, 4 – organic inclusions, 5 – quartz, 6 – anorthite, 7 – feldspar, 8 – hematite. Magnification: A and C x 20000; B and D x 24000

Таблица 1

Технологические показатели золошлакового материала

Technological parameters of the ash and slag material

Теплотворная способность, ккал/кг	Огнеупорность, °С		
	Начало деформации	Размягчение	Жидкоплавкое состояние
1800	1300	1300	1390

Таблица 2

Усредненный оксидный химический состав золошлакового материала

Average chemical composition of the ash and slag material

Содержание оксидов, мас. %						
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	R ₂ O	П.п.п.
48-49	16-17	7-8	3-4	2-3	0,1-0,3	20-21

Таблица 3

Поэлементный химический анализ золошлакового материала

Element-wise chemical composition of the ash and slag material

Содержание элементов, мас. %									
C	O	Na	Mg	Al+Ti	Si	S	K	Ca	Fe
7,4	51,08	1,09	0,40	9,5+1,44	18,44	1,1	1,5	3,03	4,02

Таблица 4

Фракционный состав золошлакового материала

Fractional composition of the ash and slag material

Содержание фракций в %, размер частиц в мм				
>0,063	0,063-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	<0,0001
18,39	33,70	33,8	10,7	3,41

Таблица 5

Составы композиции для производства пористого заполнителя

Composition formulation for production of porous aggregates

Компоненты	Содержание компонентов, мас. %		
	1	2	3
Жидкое стекло, модифицированное хлоридом натрия	40	30	20
Золошлаковый материал	60	70	80

имеет теплотворную способность 1800 ккал/кг, поэтому может использоваться в качестве выгорающей добавки. Технологические показатели золошлакового материала представлены в *табл. 1*. Химические составы золошлакового материала – усредненный оксидный и поэлементный представлены в *табл. 2* и *табл. 3*, а фракционный состав – в *табл. 4*.

СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ

Составы, разработанные для получения пористого заполнителя, представлены в *табл. 5*. На первом этапе готовили композицию, состоящую из жидкого стекла и хлорида натрия, оптимальное количество которого 3% [10, 11]. Композицию, после измельчения хлорида натрия до размера менее 1 мм, тщательно перемешивали.

Жидкостекольные композиции для изготовления пористого заполнителя получали по способу, на который мы получили два патента РФ [12, 13], в следующем порядке: в мешалку загружался шлак от выплавки безу-

глеродистого феррохрома, предварительно измельченный до размера менее 1 мм; модифицированное хлоридом натрия жидкое стекло добавлялось к шлаку при включенной мешалке тонкой струйкой; перемешивание до получения гомогенной композиции происходило в течение 6-8 мин.

Полученная гомогенная композиция разрезалась системой ножей на отдельные гранулы. Полученные гранулы обжигались в печном грануляторе при температуре 350-400°C, в результате чего высокопористые гранулы вспучивались и приобретали форму, близкую к шарообразной (*рис. 2, а*).

Затем полученные шарообразные гранулы для приобретения необходимой прочности дополнительно обжигались в электрической печи в интервале температур 900-950°C с изотермической выдержкой 10-15 мин. Физико-механические (технические) характеристики пористого заполнителя показаны в *табл. 6*.

На *рис. 3* и *рис. 4* представлены рентгенограмма и ИК-спектры образца из оптимального состава № 2.

Физико-механические показатели пористого заполнителя

Physical and mechanical properties of porous aggregates

Показатель	Состав		
	1	2	3
Прочность на сжатие, МПа	2,58	2,67	2,81
Насыпная плотность, кг/м ³	365	384	405
Огнеупорность, °С	1420	1450	1480
Потери при пятиминутном кипячении, %	0,18	0,16	0,32
Коэффициент размягчения, %	95,2	93,7	91,3
Теплопроводность, Вт/(м·°С)	0,197	0,205	0,218



Рис. 2. Макроструктура пористого заполнителя, вид: а – внешний, б – внутренний

Fig. 2. Macrostructure of porous aggregate, views: а – external, б – internal

Расчет интенсивности, тнсительные единицы
(Intensity counts, relative units)

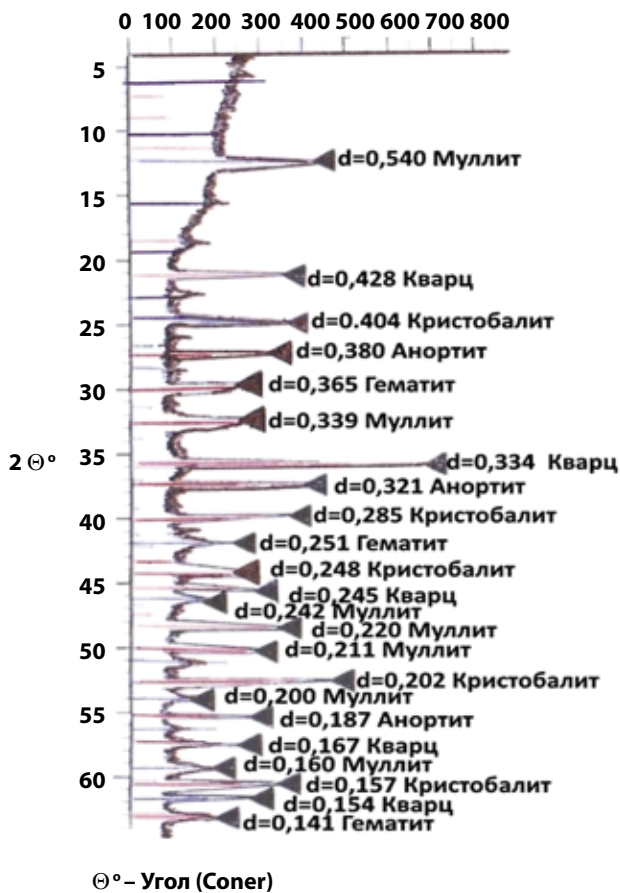


Рис. 3. Рентгенограмма образца из состава № 2
Fig. 3. X-ray image of a sample from Composition No. 2

Пропускание →

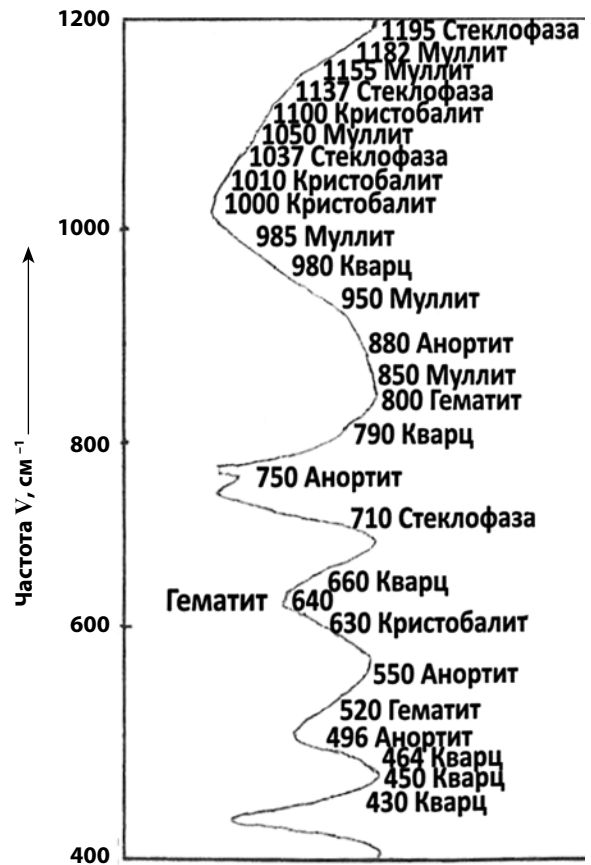


Рис. 4. ИК-спектры образца из состава № 2
Fig. 4. IR-spectral images of a sample from Composition No. 2

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Как следует из *рис. 3, а* пористость на внешнем виде пористого заполнителя практически не видна, то есть незначительна, вероятно, это связано с тем, что пористость внутри образца в основном представлена замкнутыми порами (*см. рис. 3, б*). Увеличение закрытой пористости за счет открытой повышает долговечность материала и уменьшает его теплопроводность. При одинаковом объеме пор наилучшими техническими свойствами обладают мелкозернистые материалы с замкнутыми равномерно распределенными порами.

Исследования установили, что на основе жидкостекольной композиции и золошлакового материала получен пористый заполнитель (теплоизоляционный материал), теплопроводность которого менее 0,25 Вт/(м·°C). Из *табл. 6* следует, что образцы состава № 2, у которых насыпная плотность 384 кг/м³ (марка 350, как и у состава № 1), и при этом теплопроводность по отношению к составу № 1 повысилась незначительно (*см. табл. 6*), а образцы состава № 3 уже относятся к марке М400. Таким образом, к оптимальному составу для производства пористого заполнителя следует отнести состав № 2.

Рентгеновский анализ (*см. рис. 3*) установил в образце состава № 2 следующие фазы: кварц, кристобалит, анортит, гематит и муллит. Следует отметить, что на рентгенограмме возможные примеси или минералы с плохой окристаллизованностью, идентификация которых не может быть однозначной из-за незначительного содержания, не приведены. ИК-спектроскопический анализ подтвердил наличие вышеперечисленных фаз и дополнительно определил стеклофазу, которую рентгеновский анализ не определяет (*см. рис. 4*).

Основным соединением в системе Al₂O₃-SiO₂ является муллит, который формирует микроструктуру, фазовый состав и повышает технические (физико-механические) показатели, что подтверждают и работы [14, 15].

ВЫВОДЫ

1. Исследования установили, что на основе жидкостекольной композиции с содержанием 70% золошлакового материала (оптимальный состав) можно получить пористый заполнитель марки М350, теплопроводность которого менее 0,20 Вт/(м·°C).

2. Рентгеновские исследования установили, что основными фазами (минералами) в пористом заполнителе являются: анортит, кварц, кристобалит, гематит и муллит, что подтвердил ИК-спектр. ИК-спектр показал также в образце наличие стеклофазы. Муллит формирует микроструктуру, фазовый состав и повышает технические (физико-механические) показатели

3. Исследования установили, что на внешнем виде образца из оптимального состава пористость менее заметна, чем внутри пористого заполнителя, вероятно, это связано с тем, что пористость внутри образца в основном представлена замкнутыми порами.

Список литературы

1. Усов Б.А., Окольников Г.Э., Акимов С.Ю. Экология и производство строительных материалов // Системные технологии. 2015. № 4. С. 84-95.
2. Абдрахимов В.З., Абдрахимов Д.В. Возможности инновационного экологического образования в интересах устойчивого развития // Вестник Прикамского социального института. 2022. № 3. С. 124-129.
3. Иваев М.И., Гайдук А.Е., Сафронов Е.Г., Абдрахимов В.З. Экономическая целесообразность использования золошлакового материала и исследование регрессионным методом влияния его на физико-механические показатели стенового материала // Уголь. 2022. № 4. С. 34-38. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-4-34-38.
4. Дулатова Н.В. Цифровизация и эколого-экономическая безопасность // Вестник ЮУрГУ. Серия Право. 2020. Т. 20. № 1. С. 29-32.
5. Лаухин В.М., Абдрахимов В.З. Цифровая экономика в строительном комплексе // Конкурентоспособность в глобальном мире, наука, технологии. 2022. № 11. Часть 4. С. 333-336. DOI: 10.55189/CGW.2022.90.11/003.
6. Абдрахимов В.З. Цифровая экономика в современном инвестиционно-строительном комплексе / Сборник научных статей X Международной научно-практической конференции. Наука XXI века: актуальные направления развития. Самара: Самарский государственный экономический университет, 2021. С. 269-273.
7. Абдрахимов Д.В. Использование информационных технологий в экономике / Сборник научных статей XI Международной научно-практической конференции. Наука XXI века: актуальные направления развития. Самара: Самарский государственный экономический университет, 2022. Вып. 2. Часть 2. С. 41-45. DOI: 10.46554/ScienceXXI-2022.10-2.2-pp.41.
8. Абдрахимова Е.С. Влияние высокоглиноземистого шлама щелочного травления на технические показатели и фазовый состав кислотоупоров // Стекло и керамика. 2021. № 98. С. 33-39.
9. Абдрахимова Е.С., Абдрахимов В.З. Исследование структуры пористости керамического материала крепостной стены Жироны (Испания) // Стекло и керамика. 2020. № 7. С. 42-46.
10. Структурированный высокопористый силикатнатриевый материал повышенной тепло- и термостойкости / С.А. Мизюряев, А.Н. Мамонов, В.М. Горин и др. // Стеновые материалы. 2011. № 7. С. 8-12.
11. Мизюряев С.А., Жигулина А.Ю., Ганечкина К.В. О потребности создания эффективного теплоизоляционного материала для жилищного строительства на основе пеностекольной композиции // Градостроительство и архитектура. 2016. № 2. С. 10-13.
12. Патент РФ № 2470885. Способ получения огнеупорного пористого заполнителя. Абдрахимов В.З. С1 С04В 14/24, 20/06. Заявл. 13.05.2011. Опубл. 27.12.2012. Бюл. № 36.
13. Патент РФ № 2476394. Способ получения водостойкого пористого заполнителя. Абдрахимов В.З., Семенычев В.К., Куликов В.А., Абдрахимова Е.С., Вдовина Е.В. С1 С04В 38/06, 33/132. Заявл. 27.04.2010. Опубл. 20.08.2011. Бюл. № 23.
14. Плетнев П.М., Тюлькин Д.С. Экспериментальные составы корундомуллитовых огнеупоров на основе отечественного сырья // Огнеупоры и техническая керамика. 2013. № 3 С. 10-14.
15. Муллит и соединение группы силлиманита в технологии керамики и огнеупоров / С.М. Логвинков, Н.А. Остапенко, Г.Н. Шабанова и др. // Вестник НТУ. «ХП». 2017. № 49. С. 39-48.

Original Paper

UDC 691.574:66.013 © V.M. Laukhin, V.Z. Abdrakhimov, 2023

ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2023, № 6, pp. 48-54

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-6-48-54>

Title

ENVIRONMENT, DIGITAL ECONOMY AND PRACTICAL ASPECTS OF USING THE ASH AND SLAG MATERIALS IN PRODUCTION OF POROUS AGGREGATES

Authors

Laukhin V.M.¹, Abdrakhimov V.Z.¹¹Samara State University of Economics, Samara, 443110, Russian Federation

Authors Information

Laukhin V.M., postgraduate student, e-mail: Lao63@mail.ru**Abdrakhimov V.Z.**, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Honorary Worker of Higher Professional Education, e-mail: 3375892@mail.ru

Abstract

The ash-slag material studied in this work is a waste of the fuel and energy complex, which is the main pollutant of the biosphere in Russia. Studies have shown that on the basis of a liquid-glass composition and a content of 70% ash and slag material, it is possible to obtain a porous filler of the M350 brand, whose thermal conductivity is less than 0,25 W / (m·°C). The use of the digital economy in modern society, including the development of technical capabilities, forms a new digital environment that will also reveal environmental violations. The digital environment will determine in the future a more significant role in the relationship between the technosphere and the natural environment.

Keywords

Ecology, Digital housekeeper, Ash-slag material, Porous material, Liquid glass composition.

References

1. Usov B.A., Okolnikova G.E. & Akimov S.Yu. Ecology and production of building materials. *Systemnye tekhnologii*, 2015, (4), pp. 84-95. (In Russ.).
2. Abdrakhimov V.Z. & Abdrakhimov D.V. Possibilities of innovative environmental education in the interests of sustainable development. *Vestnik Prikamskogo Sotsialnogo Instituta*, 2022, (3), pp. 124-129. (In Russ.).
3. Ivaev M.I., Gaiduk A.E., Safronov E.G. & Abdrakhimov V.Z. The economic feasibility of using ash and slag material and the study of the regression method of analyzing its effect on the physical and mechanical characteristics of the wall material. *Ugol'*, 2022, (4), pp. 34-38. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2022-4-34-38.
4. Dulatova N.V. Digitalization and ecological and economic security. *Vestnik YUUrGU. Seriya Pravo*, 2020, Vol. 20, (1), pp. 29-32. (In Russ.). Вестник ЮУрГУ. Серия Право.
5. Laukhin V.M. & Abdrakhimov V.Z. Digital economy in the construction complex. *Konkurentnosposobnost v globalnom mire, nauka, tekhnologii*, 2022, (11), Part 4, pp. 333-336. (In Russ.). DOI: 10.55189/CGW.2022.90.11/003.
6. Abdrakhimov V.Z. Digital economy in a modern investment and construction complex. Collection of scientific articles of the X International Scientific and Practical Conference. Science of the XXI century: current directions of development. Samara, Samara State University of Economics, 2021. pp. 269-273. (In Russ.).
7. Abdrakhimov D.V. The use of information technologies in the economy. Collection of scientific articles of the XI International Scientific and Practical Conference. Science of the XXI century: current directions of development. Samara, Samara State University of Economics, 2022. (2), Part 2, pp. 41-45. (In Russ.). DOI: 10.46554/ScienceXXI-2022.10-2.2- pp.41.
8. Abdrakhimova E.S. Influence of high-alumina sludge of alkaline etching on technical parameters and phase composition of acid-resistant materials. *Steklo i keramika*, 2021, (98), pp. 33-39.1. (In Russ.).
9. Abdrakhimova E.S. & Abdrakhimov V.Z. Investigation of the porosity structure of the ceramic material of the fortress wall of Girona (Spain). *Steklo i keramika*, 2020, (7), pp. 42-46. (In Russ.).
10. Misyuryaev S.A., Mamonov A.N., Gorin V.M. & Tokareva S.A. Structured highly porous sodium silicate material of increased heat and heat resistance. *Stenovye materialy*, 2011, (7), pp. 8-12. (In Russ.).
11. Misyuryaev S.A., Zhigulina A.Yu. & Ganechkina K.V. On the need to create an effective thermal insulation material for housing construction based on foam glass composition. *Gradostroitelstvo i arkhitektura*, 2016, (2), pp. 10-13. (In Russ.).
12. Pat. RF No. 2470885. A method for obtaining a refractory porous filler. Abdrakhimov V.Z. C1 C04B 14/24, 20/06. Application. 13.05.2011. Publ. 27.12.2012. Byul. No. 36.
13. Pat. RF No. 2476394. A method for obtaining a water-resistant porous filler. Abdrakhimov V.Z., Semenychev V.K., Kulikov V.A., Abdrakhimova E.S., Vdovina E.V. C1 C04B 38/06, 33/132, 27.04.2010. Publ. 20.08.2011. Byul. No.23.
14. Pletnev P.M. & Tyulkin D.S. Experimental compositions of corundomullite refractories based on domestic raw materials. *Ogneupory i tekhnicheskaya keramika*. 2013, (3), pp. 10-14. (In Russ.).
15. Logvinkov S.M., Ostapenko N.A., Shabanova G.N., Korogodskaya A.N., Tsapko N.S. & Borisenko O.N. Mullite and the compound of the sillimanite group in the technology of ceramics and refractories. *Vestnik NTU. "KHP"*, 2017, (49), pp. 39-48. (In Russ.).

For citation

Laukhin V.M. & Abdrakhimov V.Z. Environment, digital economy and practical aspects of using the ash and slag materials in production of porous aggregates. *Ugol'*, 2023, (6), pp. 48-54. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2023-6-48-54.

Paper info

Received December 28, 2022

Reviewed May 10, 2023

Accepted May 26, 2023