

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА
BUILDING AND ARCHITECTURE

УДК 691.05

DOI: 10.21822/2073-6185-2026-53-1- 214-223



Оригинальная статья /Original article

Использование горелых пород в строительных технологиях

Е.В. Корнеева, В.А. Корнеев

Сибирский государственный индустриальный университет,
654007, г. Новокузнецк, ул. Кирова 42, Россия

Резюме. Цель. В статье представлены результаты исследования горелой породы шахтных отвалов Абашевского угольного месторождения Кузбасса, и возможности их использования в строительных технологиях для решения экологической проблемы, связанной с необходимостью ее утилизации. **Метод.** Исследование основано на эффективном методе переработки минеральных попутных продуктов для последующего вовлечения их в производство строительных материалов - механической активации, за счет которой раскрывается сырьевой потенциал вторичного минерального продукта: изменяется морфология и структура. Развитие удельной поверхности и дефектов в структуре материала, вызванных ростом энергии при измельчении, изменяет его физико-технические, химические и технологические свойства. **Результат.** Комбинированная механоактивация горелой породы совместно со шлаковыми отходами сталеплавильного производства способствует вовлечению силикатной составляющей активируемых продуктов в структурообразование вяжущей системы. **Вывод.** Организация производства строительных смесей различного функционального назначения с использованием горелых пород может решить экологическую проблему по утилизации крупнотоннажных отходов угледобычи и обеспечит экономическую, экологическую и социальную значимость важнейшего ископаемого сырья угольных регионов России.

Ключевые слова: горелые породы, терриконы, вторичное сырье, шахтные отвалы, строительные технологии, техногенные минеральные продукты, механическая активация, бесклнкерные смеси

Для цитирования: Е.В. Корнеева, В.А. Корнеев. Использование горелых пород в строительных технологиях. Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2026;53(1):214-223. DOI:10.21822/2073-6185-2026-53-1-214-223.

Use of burnt rocks in construction technologies

E.V. Korneeva, V.A. Korneev

Siberian State Industrial University,
42 Kirov St., Novokuznetsk 654007, Russia

Abstract. Objective. The article presents the results of studies of the burning breed of the mine dumps of the Abashevsky coal deposit of Kuzbass, and the possibility of using in construction technologies to solve the environmental problem related to the need to dispose of it. **Method.** The study is based on an effective method for processing mineral by-products for subsequent use in the production of building materials: mechanical activation, which unlocks the raw material potential of the secondary mineral product by altering its morphology and structure. The development of specific surface area and structural defects in the material, caused by increased energy during grinding, alters its physical, chemical, and technological properties. **Result.** Combined mechanical activity of burning breed, together with slag waste of steeling production, helps to engage the silicate component of activated products in the structural formation of the astringent system. **Conclusion.** The organization of the production of building mixtures of various functional purposes using burned breeds will help to solve the environmental problem to dispose of these large

-capacity waste from coal mining and ensure the economic, environmental and social significance of the most important fossil raw materials of the coal regions of Russia.

Keywords: burnt rocks, coal mining waste hills, secondary raw materials, shaft dumps, construction technologies, technological mineral products, mechanical activation, basket mixtures

For citation: E.V. Korneeva, V.A. Korneev. Use of burnt rocks in construction technologies. Herald of Daghestan State Technical University. Technical Sciences. 2026;53(1):214-223. (In Russ) DOI:10.21822/2073-6185-2026-53-1-214-223.

Введение. Горелые породы - перегоревшие отходы добычи угля. Это «пустые» породы, содержащие минимальное количество углистых примесей, которые подаются отдельно и складываются в конусообразные терриконики или отвалы [1-5]. В переводе с французского отвал породы (terri), конический (conique). Содержание углистых примесей отрицательно влияет как на свойства горелой породы, так и на изделия из нее, а именно – снижает долговечность, морозостойкость, водостойкость.

Впервые наиболее обстоятельные научно-исследовательские и опытно-производственные работы по использованию горелых пород в строительной индустрии были выполнены в период 1953-1970 годов, что позволило в угледобывающих регионах бывшего СССР осуществлять их переработку: использовать в дорожном строительстве [6]; при изготовлении керамических изделий в качестве активной добавки к вяжущим [7] и заполнителя в бетонах, позволяющего увеличить марку бетона по прочности, истираемости и морозостойкости [8]. С развитием и совершенствованием технологических приемов переработки техногенных минеральных продуктов стало возможно более эффективно использовать данное ценное сырье:

- при замене цемента (до 35%) горелой породой снижается себестоимость бетонных изделий [9] и увеличивается прочность на сжатие до 25 МПа [10];
- использование горелых пород для устройства конструктивных слоев автомобильных дорог снижает трудоемкость возведения слоев дорожной одежды и уменьшает общую стоимость работ [11];
- производство ограждающих конструкций с использованием горелых пород позволяет при формировании получать строительные изделия с требуемыми физико-механическими и теплотехническими свойствами [12], а при изготовлении силикатного стенового материала получить более плотную упаковку и прочность более 15 МПа. [13];
- впервые с использованием ультразвука на основе горелой породы получены новые композитные материалы [14] с более высокими физическими и механическими свойствами, чем у образцов аналогичного состава без неё.

Один из наиболее эффективных способов переработки минеральных попутных продуктов промышленности - механическая активация. Тонкое измельчение приводит к увеличению удельной поверхности частиц, дегидратации и образованию микродефектов кристаллической структуры, увеличивая их активность [15-21]. В Кузбассе, крупнейшем угольном бассейне России в настоящее время в конусообразных и плоских террикониках уже накоплено около 0,2 млрд. т. горелых пород. В г. Новокузнецке – 2 терриконика по 2 млн. м³ на шахте Байдаевская; на шахте Абашевской – 600 тыс. м³. В городе Прокопьевске: шахта «Центральная» - 600 тыс. м³, шахта «Красногорская» – 700 тыс. м³. Комплексный подход к переработке данного ценного сырья позволит формирование сырьевой базы для стройиндустрии региона, способствуя снижению экологической напряженности.

Постановка задачи. Целью работы является реализация возможности использования горелых пород шахтных отвалов угольных месторождений Кузбасса при разработке бесклнкерных смесей общестроительного назначения. Задача исследования: решение проблемы эффективной строительно-технологической утилизации многотоннажных техногенных образований угольных предприятий региона.

Методы исследования. Химический состав горелых пород зависит от свойств исходных пород и степени их обжига и характеризуется значительным колебанием

содержания основных компонентов. Так, по массе содержание CaO может меняться от 0,7 до 11,5%; SiO₂ – от 43 до 77%; MgO – от 0,3 до 7%; FeO – от 0,35 до 1,5%; MnO – от 0 до 0,25%; Al₂O₃ – от 9 до 20%; Fe₂O₃ – от 4 до 6%. В зависимости от температуры обжига изменение пород проявляется в покраснении, ошлаковании и полном переплавлении. Химический анализ горелых пород терриконика шахты «Абашевская», выполненный по ГОСТ 8269.1-97 показал, что они относятся к группе «ультракислых», поскольку содержат повышенное количество SiO₂ и Al₂O₃, K_{осн.} = 0,1 (табл. 1). Пробы из отвала горелых пород шахты «Абашевская» отобраны по линии профиля через 20 м с глубины 0-30 см от его поверхности.

Таблица 1. Химический состав горелых пород терриконика шахты «Абашевская»
Table 1. Chemical composition of burnt rocks of the waste heap of the Abashevskaya mine

Наименование оксидов	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	CaO	в т.ч. CaO _{своб.}	MgO	TiO ₂	SO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O+Na ₂ O
Массовая доля, % Mass fraction	49,18	17,62	6,52	1,66	0,24	3,79	0,65	7,61	0,81	1,27	0,07	11,23

Исходные материалы для образования горелых пород - метаморфизированные компоненты (природная смесь из углистых и слабоуглистых аргиллитов, алевролитов и песчаников). Угленосные породы, выдаваемые из шахт Кузбасса, неоднородны и состоят из двух разновидностей: чистые породы – 30-40%; смешанные с углем – 60-70%.

Минералогический состав представлен следующим соотношением главных составляющих, %: глинистые сланцы - 48, песчанистые сланцы - 27, песчаники - 20, углистые сланцы - 3, карбонатные породы - 2. Прочностные свойства горелых пород изменяются в зависимости от фракции. Так, фракция щебня 5 - 20 мм соответствует марке 200 - 300 по прочности, а фракция 20 - 40 мм - марке 200 - 600. Физико-механические свойства горелых пород приведены в табл. 2.

Таблица 2. Физико-механические свойства горелых пород
Table 2. Physico-mechanical properties of burnt rocks

Наименование показателей Name of indicators	Величина показателя Value of the indicator
Истинная плотность, г/см ³ True density	2,4 - 2,6
Насыпная плотность, г/см ³ Bulk density	1,4
Средняя плотность, г/см ³ Average density	1,8
Временное сопротивление сжатию, МПа Temporary compressive strength	30,0 - 130,0

Для определения гранулометрического состава из терриконики методом квартования была взята проба, рассеяна через сито с ячейками 5, 10 и 40 мм. Результаты показали, что в породе больше всего содержится мелкой фракции – менее 5 мм (табл. 3).

Таблица 3. Гранулометрический состав горелых пород
Table 3. Granulometric composition of burnt rocks

Фракции, мм Fractions, mm, %	Остаток на сите, % Residue on sieve	Фракции, мм Fractions, mm, %	Остаток на сите, % Residue on sieve
5	36,3	10-40	24,2
5 - 10	13,5	40	26

Наличие повышенного количества мелкой фракции показывает, что часть горелой породы терриконики за время их существования (более 50 лет) подвергнута разложению под действием влаги и мороза. Около 30% пород терриконика имеют стабильный состав и не подверглись разложению. При определении потерь при прокаливании и содержания углерода для отдельных фракций, установлено, что остаточный углерод равномерно распределен во всех фракциях, и его количество не превышает 3%. Несколько выше 5% находится в смеси фракции 10-40 мм. По содержанию радионуклидов горелая порода соответствует первому классу (Аэфф<370) и может использоваться без ограничений (табл. 4).

Таблица 4. Результаты измерения содержания радионуклидов в горелой породе
Table 4. Results of measuring radionuclide content in burnt rock

Определяемые показатели Determined indicators	Результаты исследования (Бк/кг.) Results	Погрешность измерения (Бк/кг.) Error	Допустимый уровень (Бк/кг.) Acceptable level
Калий – 40 /Potassium	298,10	49,13	-
Радий – 226/ Radium	33,56	5,50	-
Торий – 232 /Thorium	41,72	7,70	-
Аэфф/Aeff	192,10	30,20	370,00

По результатам рентгенофазового анализа (рис. 1) горелые породы шахты «Абашевская» содержат 20-25% рентгеноаморфной фазы представленной смесью оксидов SiO_2 и Al_2O_3 – продукта разложения каолинита при нагреве. Преобладают: кварц (SiO_2) – 23-25% и полевые шпаты изоморфного ряда (AlSi_3O_8) – 15-20%. Присутствуют: гематит (Fe_2O_3) – 10-12%; немного: гидрослюда – 7-8% и нерасшифрованная примесь – до 5%.

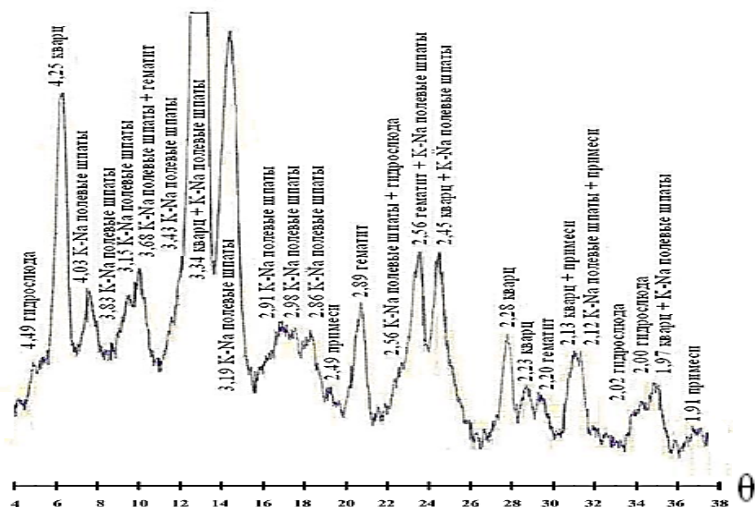


Рис. 1 – Дифрактограмма горелой породы терриконика шахты «Абашевская». Межплоскостные расстояния указаны в 10^{-10} м
Fig. 1 – X-ray diffraction pattern of burnt waste heap rock. Abashevskaya mine
Interplanar distances are indicated in 10^{-10} m

Микроморфология образца горелой породы (рис. 2) представлена в основном аморфной структурой, со слабо выраженными переходами между двумя подструктурами: пластинчатой – образованной слоистыми легкоплавкими (глинистыми) минералами и сферолитовой – образованной преимущественно округлыми частицами диаметром от 1 до 6 мкм. Встречаются обломки крупных частиц от 5 до 10 мкм изометричной формы.

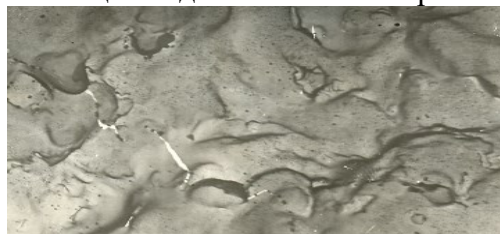


Рис. 2 – Форма и микроструктура горелой породы терриконика шахты «Абашевская» под сканирующим микроскопом (при увеличении 3000х)
Fig. 2 – The shape and microstructure of the burnt waste heap rock of the Abashevskaya mine under a scanning microscope (at a magnification of 3000x)

Дифференциально-термический анализ (рис.3) позволил не только уточнить минералогический состав, но и установить термическую инертность (полноту прошедшего самообжига), получить информацию о физико-химических свойствах связанных с особенностями кристаллизации, и позволяющих установить момент времени и температуру, при которой происходят наиболее значительные изменения в системе с выявлением

критических точек и условий их формирования. Полученные результаты позволили представить общую картину протекающих процессов, установить существующие закономерности и индивидуальные особенности изучаемого сырья.

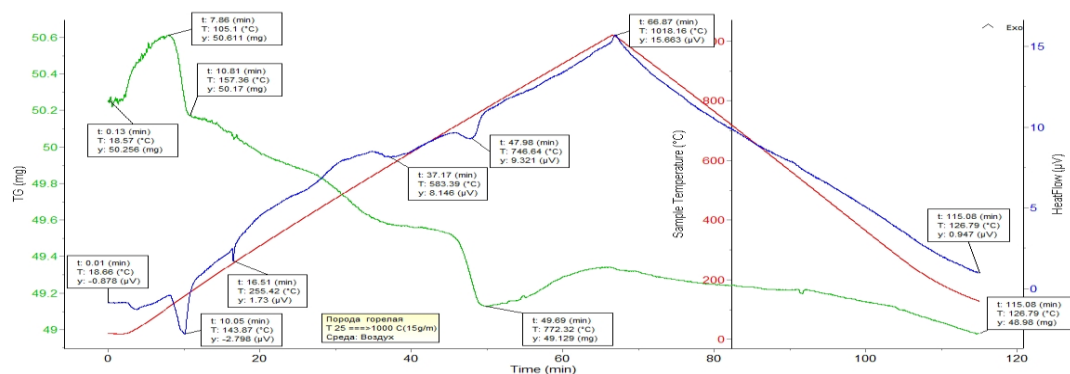


Рис. 3 – ДТА горелой породы
 Fig. 3 – DTA of burnt rock

На термограмме горелой породы видны несколько эндотермических эффектов. Первый при температуре от 110-120° С до 180°С соответствует удалению адсорбционной влаги из породы. Максимум испарения при 143°С.

Отсутствие термоэффектов, характерных для глинистых минералов свидетельствует о том, что обжиг горелой породы в терриконе происходил при температуре, превышающей 1000°С, а хорошо обожженные горелые породы являются термически инертными и не дают температурных эффектов. При температуре 255°С отмечается разложение тонкодисперсного гетита (FeOOH), содержащегося в виде включений в кристаллах кварца. Сам кварц в смесях с глинистыми минералами определить при помощи кривых нагревания, не удалось, так как все минералы этой группы имеют в области 500°–800° эндотермические эффекты, по своей величине значительно превосходящие.

В интервале температур 500-800°С идет разложение карбонатов сидерита и доломита, о чем свидетельствуют изменения на кривой изменения массы. Доломит $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ - двойная углекислая соль кальция и магния, один из главных минералов, составляющих карбонатные породы.

Кристаллическая структура железистой минеральной примеси - сидерит FeCO_3 среди карбонатов отличается высокой плотностью и твердостью. Подвергаясь термической диссоциации частично взаимодействует с глинистой частью породы. Полевые шпаты при нагревании в температурном интервале 20-1000° не дают никаких термических эффектов, поэтому для них дифференциальная кривая это прямая линия. Не выявлена термографическим анализом, и гидрослюда, так как в процессе выветривания, вероятно, произошло изменение ее кристаллической структуры.

Обсуждение результатов. Неизменной проблемой, препятствующей широкой утилизации горелых пород, остается отсутствие комплексного подхода к их переработке.

По результатам исследований и изучению опыта применения горелой породы в строительстве [22-26], обоснована необходимость более полного раскрытия ее сырьевого потенциала в технологиях производства бесклнкерных смесей общестроительного назначения с использованием в качестве сырья техногенных отходов горно-металлургического комплекса региона: горелых пород с терриконики шахты «Абашевская», сталеплавильных шлаков – энергонасыщенных крупнотоннажных отходов Западно-Сибирского металлургического комбината и шламов, полученных нейтрализацией известью электролитов отработанных кислотных аккумуляторов, аккумуляторных батарей промышленного транспорта предприятий. Шлаки предприятий Кузбасса основные (CaO 40–60%), с высоким содержанием оксидов алюминия (10–18%) и магния (8–12%). На физико-механические свойства и состав шлаков, оказывает влияние минерально-сырьевая база, представленная

железородными месторождениями Алтае-Саянской складчатой области и Ангаро-Илимского железорудного района (руды с магнезиальной пустой породой и повышенным содержанием Al_2O_3), известняками Салаира, доломитами Горной Шории и кварцитами Антоновского рудника. Известно, что сталеплавильные шлаки, являясь силикатными системами, после активации приобретают гидравлическую активность.

Шламовые отходы широко используются при производстве строительной продукции в качестве активаторов поверхности и наполнителей цементных систем, из-за разнообразного химического и минералогического состава, содержащего гипсовые, известково-гипсовые, гипсо-карбонатные, известково-гипсо-карбонатные композиции.

В соответствии с поставленной целью исследований разработаны составы строительных смесей (патенты РФ №№ 2377215, 2348814, 2642736) удовлетворяющие критериям их практической реализации:

- бесцементный мелкозернистый бетон [27] для изготовления элементов ограждения в конструкциях жилых домов и промобъектов в сборном и монолитном исполнении, по физико-механическим и деформативным характеристикам отвечающий всем требованиям СНиП и ГОСТов для мелкозернистых бетонов (табл. 5).

Таблица 5. Состав и свойства бесцементного мелкозернистого бетона
Table 5. Composition and properties of cement-free fine-grained concrete

Вещественный состав бетонной смеси, % по массе Material composition of concrete mix			Прочность при естественном твердении, 28 суток, МПа Strength during natural hardening, 28 days,		Средняя плотность кг/м ³ Average density kg/m ³	Подвижность (осадка конуса), см. Mobility (cone settlement)	Прочность сцепления с арматурой, МПа Adhesion strength to reinforcement, MPa	Модуль упругости, МПа Modulus of elasticity, MPa	Относительная усадка, мм/м Relative shrinkage	Относительная ползучесть, мм Relative creep	Сжимаемость, мм/м Compressibility, mm/m	Растяжимость, мм/м Stretchability, mm/m
Горелая порода Burnt rock	Шлак сталеплавильный (конверторный) Steelmaking slag (converter)	Шлам Sludge	При сжатии When compressed	При растяжении на изгиб When stretched under bending								
6	86	8	11,73	7,00	2000	14,40	2,30	9330	0,23	-	0,67	0,09

Исследованиями установлено, что бетонная смесь водостойкая, равномерность изменения объема выдерживает. Марка по удобоукладываемости ПЗ 10-15 см. В течение 2 лет бетон исследовался на основные физико-механические и деформативные свойства (табл. 6).

Таблица 6. Основные физико-механические и деформативные характеристики бетона
Table 6. Basic physical, mechanical and deformation characteristics of concrete

Характеристики бетона Characteristics of concrete	Периоды испытаний, дни Test periods, days		
	28	365	730
Прочность на сжатие (кубиковая), МПа Compressive strength (cubic), MPa	11,73	12,90	13,48
Призменная прочность, МПа Prismatic strength, MPa	9,22	10,80	11,32
Отношение призменной прочности к кубиковой Ratio of prismatic strength to cubic strength	0,87	0,83	0,84
Модуль упругости, МПа Modulus of elasticity	9330	12060	12600
Сжимаемость, мм/м Compressibility	0,67	0,74	0,71
Растяжимость, мм/м Stretchability	0,09	0,11	0,11
Относительная усадка, мм/м Relative shrinkage	0,23	0,44	0,46
Относительная ползучесть, мм/м	-	0,57	0,63

Было установлено, что разработанный бесцементный бетон в течение 2 лет наращивает свою прочность на сжатие и призменную прочность соответственно на 13 и 19%. Максимальное нарастание в первый год до 15% и за последующий период менее 5%. Модуль упругости увеличился на 23%, что не превышает требования СНиП 2.03.01-84* к мелкозернистым цементным бетонам. Усадка за 2-летний период составила 0,46 мм/м. В первые сутки она незначительна - 0,12 мм/м, далее до 28 дней находится в пределах 0,23 мм/м.

В возрасте от 28 дней до 180 продолжает увеличиваться (0,35 мм/м), а свыше 180 дней практически прекращается.

Опытно-производственное опробование и внедрение разработанной шлакобетонной смеси общестроительного назначения на Томь - Усинском заводе железобетонных изделий», Заводе крупнопанельного домостроения № 2 Новокузнецкого домостроительного комбината им. А.В. Косилова, Торгово-производственном доме Авангард и предприятиях строительной индустрии региона: ООО «СК Новокузнецк» и ООО «ТС Спецстрой» показало экономическую целесообразность и эффективность ее применения;

- бесцементная закладочная смесь [28, 29] для горно-геологических условий Кузбасса - мощных крутопадающих и наклонных месторождений (табл. 7) по основному показателю – пределу прочности на одноосное сжатие удовлетворяет требованиям, предъявляемым к твердеющим закладочным смесям.

Прочность разработанного закладочного материала, подвижность, сроки схватывания определялись согласно принятым стандартам. В результате испытаний определён класс по прочности - В7,5 (М 100 кгс/см²).

Таблица 7. Основные характеристики закладочного состава

Table 7. Main characteristics of the filling composition

Составы Compositions	Расход материалов, кг/м ³ Material consumption	Средняя плотность, кг/м ³ Average density	Подвижность смеси, см Mixture mobility, cm	Прочность при сжатии, МПа, в возрасте, сут. Compressive strength, MPa, at age, days.	
				28	60
Вяжущее: Astringent: Горелая порода 23%/ Burnt rock; Шлак сталеплавильный (мартеновский) 70%/ Steelmaking slag; Шлам 7% Sludge. Заполнитель: Aggregate: Шлак сталеплавильный (мартеновский) Steelmaking slag	1550 - 1600 230 - 240	1950	15,00	9,82	10,80

Разработанный состав рекомендован для промышленного использования при камерной и этажно-камерной системе разработки институтами ООО «ВостНИГРИ» и ОАО «Сибгипроруда»;

- разработанный бесцементный тампонажный материал [30] для повышения эффективности ремонтно-изоляционных работ в сложных горно-геологических условиях региона прошел апробацию и был рекомендован для промышленного использования руководителями региональных предприятий ООО «ИнТехПромИнжиниринг» и АО «Росгеология». Состав и основные физико-механические свойства представлены в табл. 8 и 9.

Таблица 8. Состав тампонажного материала

Table 8. Composition of the cementing material

Компоненты состава Composition components		Количество (% мас.) Quantity	Удельная поверхность, S _{уд} (плотность, ρ) Specific surface area, Ssp (density, ρ)
Горелая порода Burnt rock		10	S _{уд} = 340 м ² /кг
Шлак сталеплавильный Steelmaking slag	конверторный converter	48 - 50	
	электросталеплавильный electric steelmaking	33 - 35	
Шлам Sludge		остальное rest	ρ = 1,310 г/см ³

Было установлено, что разработанный тампонажный материал удовлетворяет основным требованиям ГОСТ 1581-96. Усадка и трещины при твердении отсутствуют.

Таблица 9. Результаты испытаний разработанного тампонажного материала
Table 9. Results of testing the developed plugging material

Показатели Indicators	Результаты испытаний Test results	Требования по ГОСТ 1581-96 GOST
Тонкость помола – удельная поверхность, м ² /кг Grinding fineness – specific surface area, m ² /kg	320	не менее 270
Отношение шлам-шихта Slurry-to-blend ratio	0,5	-
Плотность раствора, кг/м ³ Mortar density	1960	-
Плотность камня, кг/м ³ Stone density, kg/m ³	2000	-
Прочность при изгибе в возрасте 2 сут., МПа Bending strength at 2 days, MPa	2,79 - 3,98	не менее 2,7
Прочность при сжатии в возрасте 2 сут., МПа Compressive strength at 2 days, MPa	5,22 – 5,68	-
Водоотделение, мл Water separation, ml	< 1	не более 8,7
Время загустевания до консистенции 30 Вс, мин. Thickening time to 30 Vs consistency, min.	1200 - 1440	не менее 90

Вывод. В «Стратегии развития промышленности строительных материалов на период до 2020 года и дальнейшую перспективу до 2030 года» определены основные принципы, цели и задачи государственной политики на среднесрочную и долгосрочную перспективы в строительном секторе, а также эффективные механизмы достижения поставленных целей. В соответствии с одним из приоритетных направлений в инновационных технологиях производства строительных материалов, сформулированных в данном документе: «...производство малоклинкерных композиционных вяжущих смесей на базе использования металлургических шлаков, золошлаковых отходов тепловых электростанций, а также бесцементных вяжущих смесей и другие варианты вовлечения в производство строительных материалов в качестве сырья техногенных отходов», производство мелкозернистых бетонов, закладочных смесей и тампонажных растворов с использованием горелых пород и шлаковых отходов промышленных предприятий Кузбасса является актуальным.

Комплексный подход к переработке и утилизации горелых пород шахтных отвалов угольных регионов России может быть реализован путем проектирования комбинатов по производству бесклинкерных шлакобетонных смесей различного функционального назначения. Ликвидация промышленных полигонов многотоннажных вторичных минеральных продуктов - важнейшая на сегодняшний день задача для территорий, насыщенных объектами горно-металлургической инфраструктуры.

Библиографический список:

1. Шаповалов, В.В. Ресурсосберегающая технология утилизации породных отвалов горнодобывающих производств / В.В. Шаповалов, Д.А. Козырь // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. - 2023. - Т. 334, № 4. - С. 175–184.
2. Верех-Белоусова, Е.И. Перспективы переработки породных отвалов угольных шахт Донбасса// Материалы пула научно-практических конференций. Керчь: КГМТУ. - 2022. – С. 360-363.
3. Коваленко, Л.И. Перспективы использования горелых пород шахтных отвалов / Л.И. Коваленко, Н.П. Омельченко // Проблеми екології. - 2009. - № 1-2. - С.16–19.
4. Майдукова, С.С. Экономическая целесообразность использования ресурсного потенциала минеральной составляющей отходов угольного производства / С.С. Майдукова // Економічний вісник. - 2013. - № 3. - С. 145–153.
5. Мнухин, А.Г. Породные отвалы – сырье будущего// Уголь Украины. - 2009. - № 5. - С. 28–32.
6. Глушнев, С.В. Использование отходов угольной промышленности в дорожном строительстве. / С.В. Глушнев - М.: ЦНИЭИУголь, 1983. - 218 с.
7. Книгина, Г.И. Строительные материалы из горелых пород. – М.: Стройиздат, 1966. – 208 с.
8. Рекитар, Я.А. Эффективность использования промышленных отходов в строительстве. / Я.А. Рекитар. – М.: Стройиздат, 1978. – 172 с.
9. Кузьмин, М.П. Горелая порода угольных месторождений в производстве изделий из бетона / М.П. Кузьмин, Л.М. Ларионов, В.В. Кондратьев, М.Ю. Кузьмина, В.Г. Григорьев, А.С. Кузьмина // Инженерно-строительный журнал. - 2017. - № 8(76). - С. 169–180. DOI: 10.18720/МСЕ.76.15.
10. Гамалий, Е.Н. Горелые породы как активная минеральная добавка в бетон / Е.Н. Гамалий // Вестник ЮУрГУ, Строительство и архитектура. - 2008. - № 25. - С. 22–27.

11. Буравчук, Н.И. Использование материалов из горелых пород шахтных отвалов в дорожном строительстве / Н.И. Буравчук, О.В. Гурьянова, Г.Н. Пак // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Технические науки. - 2014. - № 1. - С.75-80.
12. Вавренюк, С.В. Использование горелых пород в производстве изделий для ограждающих конструкций / С.В. Вавренюк, Г.А. Кораблева, О.В. Старикова // Жилищное строительство. - 2013. - №12. - С 37-38.
13. Сапелкина, Т.В. Получение силикатного стенового материала на основе вскрышной горелой породы угледобычи на примере месторождений республики Тыва / Т.В. Сапелкина, Б.К. Кара-сал, А.Н. Стрельников // Успехи современного естествознания. - 2019. - № 8. - С. 67-72.
14. Жакина, А.Х. Композиционные материалы на основе горелой породы в сочетании с угольным и полимерным сырьем в условиях волнового воздействия / А.Х. Жакина, О.В. Арнт, Е.П. Василец // Наука настоящего и будущего. - 2019. - Т.3. - С.39-42.
15. Зимакова, Г.А. Активация металлургического отвального шлака / В.А. Солонина, С.В. Илясова, М.А. Ашуруп // Инновации и инвестиции. - 2019. - № 10. - С. 280-284.
16. Fedorov, P. Alkali-Activated Binder Based on Cupola Dust of Mineral Wool Production with Mechanical Activation / P. Fedorov, D. Sinitsin // Buildings. - 2022. No. 12(10), P. 1565. DOI: <https://doi.org/10.3390/buildings12101565>.
17. Лапшин, О.В. Роль смешения и диспергирования в механохимическом синтезе (обзор) / О.В. Лапшин, Е.В. Болдырева, В.В. Болдырев // Журнал неорганической химии. - 2021. - Т. 6, № 3. - С. 402–424. DOI: 10.31857/S0044457X21030119.
18. Абрамов, М.А. Механохимическая технология эффективного использования вторичного техногенного сырья / М.А. Абрамов, Е.Г. Степанов, Д.В. Качалов, А.О. Мурашов // Вестник РГГА имени П.А. Соловьева. - 2021. - № 1 (56) - С. 84-89.
19. Голик, В.И. Механохимическая активация хвостов обогащения для использования в качестве компонентов твердеющих закладочных смесей / В.И. Голик, И.А. Алексеев // Горный информационно-аналитический бюллетень. - 2023. - № 5-1. - С. 5–16.
20. Голик, В.И. Комбинированные технологии активации минерального сырья / В.И. Голик, А.В. Титова // Горная промышленность. - 2021. - № 5. - С.100–105. DOI: 10.30686/1609-9192-2021-5-100-105.
21. Сучков, В.П. Механохимическая активация природного и техногенного сырья при производстве высокопрочного гипса / В.П. Сучков, А.В. Веселов // Технологии бетонов. - 2021. - № 6 (179). - С. 71-77.
22. Endzhievskaya, I.G. Wall Materials on the Base of Burned Rocks / I.G. Endzhievskaya, N.G. Vasilovsky, G.P. Baranova, I.S.Voroshilov // Journal of Siberian Federal University. Engineering and Technologies, - 2016, - Vol. 9, No. 4. - P. 563-571.
23. Буравчук, Н.И. Материалы из горелых пород для бетонной шахтной крепи / Н.И. Буравчук, О.В. Гурьянова // Инноватика и экспертиза. - 2022. - Вып. 1 (33). - С. 106-114.
24. Абдрахимова Е.С. Использование отходов топливно-энергетического комплекса – горелых пород и отходов обогащения хромитовых руд в производстве пористых заполнителей на основе жидкостекольной композиции // Уголь. 2019. № 7. С. 67–69.
25. Буравчук, Н.И. Использование техногенного сырья в технологии керамического кирпича / Н.И. Буравчук, О.В. Гурьянова // Инноватика и экспертиза. - 2020. - Вып. 2 (30). - С.160-169.
26. Buravchuk, Nina I. Use of technogenic raw materials in ceramic technology Open Ceramics / Nina I. Buravchuk, Olga V. Guryanova, Ivan A. Parinov // Open Ceramics. Vol. 18, June 2024,. 100578.
27. Бетонная смесь: пат. Рос. Федерация / Е.В. Корнеева, С.И. Павленко - № 2377215; заявл. 23.12.08; опубл. 27.12.09. - 4 с.
28. Состав закладочной смеси: пат. Рос. Федерация Е.В. Корнеева, С.И. Павленко - № 2348814; заявл. 03.09.2007; опубл. 10.03.2009. - 3 с.
29. Способ приготовления бесцементной закладочной смеси: пат. Рос. Федерация Е.В. Корнеева - № 2792863; заявл. 15.03.22; опубл. 28.03.23. - 3 с
30. Тампонажный раствор: пат. Рос. Федерация Е.В Корнеева - заявл. 28.02.17; опубл. 25.01.18. - 2 с.

References:

1. Shapovalov V.V., Kozyr D.A. Resource-saving technology for recycling rock dumps of mining industries. Proceedings of the Tomsk Polytechnic University. *Georesources Engineering*, 2023;334:(4):175–184.
2. Verch-Belousova E.I. Prospects for processing rock dumps of Donbass coal mines // Materials of a pool of scientific and practical conferences / *Kerch: KGMTU*, 2022:360-363.
3. Kovalenko L.I., Omelchenko, N.P. Prospects for the use of burned rocks mine dumps. *Problemiye`kologii = Problemiyekologii*, 2009; 1-2:16-19.
4. Maydukova S.S. The economic feasibility of the use of the resource potential of the mineral component of coal waste. *E`konomichnijvisnik = Ekonomichniyvisnik.*, 2013;3:145–153.
5. Mnukhin A.G. Dumps – the raw material of the future. *Ugol` Ukrainy` = Coal of Ukraine*, 2009;5:28–32.
6. Glushnev S.V. Use of coal industry waste in road construction. *Moscow: TsNIEI Ugol*, 1983;218.
7. Knigin G.I. Construction materials from burnt rocks. *Moscow: Stroyizdat*, 1966;297 p.
8. Rekitar Ya.A. Efficiency of industrial waste use in construction. *Moscow: Stroyizdat*, 1978;172 p.

9. Kuzmin M.P., Larionov L.M., Kondratyev V.V., Kuzmina M. Yu., Grigoriev V.G., Kuzmina A.S. Burnt rock of coal deposits in the production of concrete products. *Engineering and construction journal*, 2017; 8(76):169–180. DOI: 10.18720/MCE.76.15.
10. Gamaliy E.N. Burned rocks as an active mineral additive in concrete. *Vestnik YuUrGU, Stroitel'stvo i arkhitektura = Vestnik of SUSU, Construction and architecture*, 2008; 25:22–27.
11. Buravchuk N.I., Guryanova O.V., Pak G.N. Use of materials from burnt rocks of mine dumps in road construction. *News of universities. North Caucasian region. Technical sciences*, 2014;1:75-80.
12. Vavrenyuk S.V., Korableva G.A., Starikova O.V. Use of burnt rocks in the production of products for enclosing structures. *Housing construction*, 2013;12:37-38.
13. Sapelkina T.V., Kara-sal B.K., Strelnikov A.N. Production of silicate wall material based on overburden burnt rock from coal mining using the example of deposits in the Republic of Tyva. *Successes in modern natural science*, 2019; 8: 67-72.
14. Zhakina A.Kh., Arnt O.V., Vasilets E.P. Composite materials based on burnt rock in combination with coal and polymer raw materials under wave action. *Science of the present and future*, 2019;3:39-42.
15. Zimakova G.A., Solonina V.A., Ilyasova S.V., Ashurov M.A. Activation of metallurgical dump slag. *Innovation and Investment*, 2019;10: 280-284.
16. Fedorov P., Sinitsin D. Alkali-Activated Binder Based on Cupola Dust of Mineral Wool Production with Mechanical Activation. *Buildings*, 2022;12(10):1565. DOI: <https://doi.org/10.3390/buildings12101565>.
17. Lapshin O.V., Boldyreva E.V., Boldyrev V.V. Role of mixing and dispersion in mechanochemical synthesis (overview). *Journal of Inorganic Chemistry*, 2021;6(3):402–424. DOI: 10.31857/S0044457X21030119.
18. Abramov M.A., Stepanov E.G., Kachalov D.V., Murashov A.O. Mechanochemical technology of efficient use of secondary technogenic raw materials. *Bulletin of the RGAT named after P.A. Solov'yov*, 2021;(56): 84-89.
19. Golik V.I., Alekseev I.A. Mechanochemical activation of enrichment tailings for use as components of hardening filling mixtures. *Mining Information and Analytical Bulletin*, 2023;5-1:5–16.
20. Golik V.I., Titova A.V. Combined technologies for activation of mineral raw materials. *Mining industry*, 2021;5:100–105. DOI: 10.30686/1609-9192-2021-5-100-105.
21. Suchkov V.P., Veselov A.V. Mechanochemical activation of natural and man-made raw materials in the production of high-strength gypsum. *Concrete technologies*, 2021; 6 (179):71-77.
22. Endzhievskaya I.G., Vasilovsky N.G., Baranova G.P., Voroshilov I.S. Wall Materials on the Base of Burned Rocks. *Journal of Siberian Federal University. Engineering and Technologies*, 2016;9(4):563–571.
23. Buravchuk N.I., Guryanova O.V. Materials from burnt rocks for concrete mine support. *Innovation and expertise*, 2022;1(33):106-114.
24. Abdrakhimova E.S. Use of fuel and energy complex wastes - burnt rocks and chromite ore enrichment wastes in production of porous aggregates based on liquid-glass composition. *Coal*, 2019;7:67–69.
25. Buravchuk N.I., Guryanova O.V. Use of technogenic raw materials in ceramic brick technology. *Innovation and expertise*, 2020;2 (30):160-169.
26. Nina I. Buravchuk, Olga V. Guryanova, Ivan A. Parinov Use of technogenic raw materials in ceramic technology *Open Ceramics*. 18, June 2024;18:100578.
27. Korneeva E.V., Pavlenko S.I. Concrete mixture. Patent Rossiiskaia Federatsiia. 2009; 2377215.
28. Composition of the filling mixture: Russian Patent E.V. Korneeva, S.I. Pavlenko - No. 2348814; declared 03.09.2007; published 10.03.2009. - 3 p.
29. Method for preparing a cement-free filling mixture: Russian Patent E.V. Korneeva - No. 2792863; declared 15.03.22; published 28.03.23. - 3 p.
30. Cementing slurry: Russian Patent E.V. Korneeva - declared 28.02.17; published 25.01.18. - 2 p.

Сведения об авторах:

Корнеева Елена Викторовна, кандидат технических наук, доцент, доцент, кафедра «Инженерных конструкций, строительных технологий и материалов»; hellen-box-8@yandex.ru.

Корнеев Виктор Александрович, кандидат технических наук, доцент, доцент, кафедра «Геотехнологии»; korneev_va@list.ru

Information about authors:

Elena V. Korneeva, Cand. Sci. (Eng.), Assoc. Prof., Assoc. Prof., Department of Engineering Structures, Construction Technologies and Materials; hellen-box-8@yandex.ru.

Victor A. Korneev, Cand. Sci. (Eng.), Assoc. Prof., Assoc. Prof., Department of Geotechnology; korneev_va@list.ru

Конфликт интересов / Conflict of interest.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов/The authors declare no conflict of interest.

Поступила в редакцию/Received 27.09.2025.

Одобрена после рецензирования/Reviced 28.11.2025.

Принята в печать/Accepted for publication 28.01.2026.