НОВЫЕ НЕРУДНЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ИЗ ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ

Н.И. Буравчук, О.В. Гурьянова, Г.Н. Пак

Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону
burav@math.rsu.ru, oguryanova@sfedu.ru, park@sfedu.ru

Аннотация. В статье показана необходимость использования накопившихся на земной поверхности техногенных отходов, в частности, горелых пород шахтных отвалов и золошлаковых смесей. Рост потребностей в природном минеральном сырье ведет к сокращению запасов качественного природного сырья, разработке месторождений на больших глубинах. Накопление отходов горнодобывающей отрасли оказывает значительное негативное воздействие на окружающую среду и среду обитания человека. В статье горелые породы шахтных отвалов и золошлаковые отходы рассматриваются как источник минерального сырья для промышленности строительных материалов. В статье рассмотрены основные критерии оценки качества техногенного сырья для определения направлений их использования. Первичная продукция, которая получается при переработке и обогащении горелых шахтных пород и золошлаковых отходов это нерудные строительные материалы: фракционированные щебень и песок, щебеночно-песчаные смеси, отсеvy дробления пород. Приведены физико-механические свойства щебня различных фракций и отсеvов дробления пород. Основным потребителем этой продукции может стать дорожное строительство. В этой же отрасли будет накоплен практический опыт применения новых нерудных материалов.

Применимость материалов из горелых пород в дорожном строительстве и для благоустройства территорий подтверждена практикой успешной эксплуатации технологических и подъездных дорог, промплощадок и полов, тротуаров городских улиц. Низкая во востребованность материалов из горелых пород и золошлаковых смесей сдерживается нестабильностью их свойств, отсутствием технологических комплексов по подготовке техногенного сырья к использованию, нетрадиционностью продукции и психологической неподготовленностью потребителя к новому строительному материалу.

Ключевые слова: золошлаковые отходы, горелые шахтные породы, щебень и отсеvy дробления пород, многоуровневая оценка, физико-механические свойства заполнителей.

Увеличивающиеся потребности в минерально-сырьевых ресурсах привели к серьезному истощению сырьевых баз ухудшению качества вовлекаемого в переработку минерального сырья, необходимости значительных затрат на освоение новых месторождений полезных ископаемых. В то же время на земной поверхности накапливаются отходы добычи и обогащения минерального сырья. Из добытой горной массы в конечную продукцию попадает не более 15 %, а остальная часть идет в отходы. Ежегодный прирост объема пород для складирования свыше 100 тыс. м³. Остающиеся после добычи или переработки полезных ископаемых отходы рассматриваются как техногенные месторождения. От естественных месторождений последние отличаются генезисом, условиями залегания, пониженным содержанием полезного компонента, сложным, беспорядочным внутренним строением залежей. В отвалах сосредоточен такой мощный сырьевой потенциал, использование которого могло бы способствовать не только сохранению ресурсов, но и восстановлению природной среды и ее выздоровлению.

Наиболее многочисленными отходами, накопившимися в период интенсивного развития угольной

отрасли в Ростовской области, являются отходы добычи и сжигания твердого топлива – шахтные породы и золошлаковые отходы.

Основными факторами, обуславливающими необходимость изучения техногенных месторождений, являются истощение наиболее богатых и доступных месторождений полезных ископаемых, и значительное негативное влияние отходов горнодобывающей отрасли на окружающую среду.

Загрязнение атмосферы техногенными месторождениями происходит в результате выветривания различных веществ из складированной горной массы; это чаще всего пыль и газы. Наибольшее выделение вредных веществ происходит при складировании пород. При хранении отходов оно снижается и доходит до уровня естественного выветривания. Загрязнение водных объектов различными минеральными солями и взвесями происходит при фильтрации природных водных потоков через породную массу. Изменение гидрологического режима прилегающих к отвалам территорий обусловлено давлением больших объемов горных пород на грунт, что приводит к изменению направлений подземных потоков. При непосредственном контакте складированных пород с земной поверхностью между ними происходит

массообмен и загрязняющие вещества из отвала попадают в почву и снижают ее плодородие.

Одним из путей снижения давления на окружающую среду и сбережения ресурсов является повышение комплексности использования минерального сырья. Для использования техногенного сырья необходимо провести его эколого-гигиеническую оценку. На стадии прогноза возможных направлений утилизации шахтных пород и золошлаковых отходов необходимо провести многоуровневое тестирование отходов по следующим критериям:

Первый уровень – оценка по экологическим показателям

Экологическая чистота отхода оценивается путем сравнения состава отходов с ПДК тяжелых металлов, токсичных веществ. Критерием экологической чистоты отходов являются также величина удельной эффективной активности естественных радионуклидов.

Второй уровень – оценка по химическому составу

Химический состав шахтных пород и золошлаковых отходов представлен в основном оксидами кремния, алюминия, железа. Содержание кислотных окислов составляет более 70 % и отходы можно характеризовать как кремнисто-железистые. Существенное значение на выбор направления утилизации данных отходов имеет количественное содержание серы.

Третий уровень – оценка по минеральному составу

На минеральный состав техногенного сырья существенное влияние оказывают технологические особенности его образования. Шахтные породы и золошлаковые отходы отличаются от традиционного сырья вещественным составом, структурой исходных минералов. Минералого-петрографическая характеристика шахтных пород и золошлаковых отходов позволяет выявить наличие пород, относимых к вредным примесям, содержание аморфных компонентов, присутствие углистых веществ и их модификаций.

Четвертый уровень – оценка по реакционной способности

Установление наличия компонентов, находящихся в метастабильном состоянии, позволяет оценить степень активности отходов и рекомендовать их к использованию в качестве основного сырья или добавки. Горелые шахтные породы и золошлаковые отходы относятся к активным минеральным добавкам. Наличие активных компонентов связано с нарушением кристаллических решеток породообразующих минералов при обжиге и возникновением у продуктов обжига некоторого энергетического потенциала.

Пятый уровень – оценка по физико-механическим свойствам

Техногенные отходы характеризуются прочностью, истираемостью, водостойкостью, пластичностью, дисперсностью, плотностью и другими свойствами, показатели которых существенно влияют на область их применения.

Шестой уровень – оценка по однородности

По химико-минералогическому составу и физико-механическим свойствам шахтные породы и золошлаковые отходы в пределах одного и того же отвала отличаются неоднородностью. Изучение свойств отходов позволяет оценить степень их подготовленности к участию в технологических процессах, определить эффективные способы доведения их характеристик до показателей качественного сырья.

Седьмой уровень – оценка по объемам образования

Объемы образования шахтных пород и золошлаковых отходов позволяют оценить их как много-тоннажные отходы. Запасы породных масс и золошлаков огромны, и скопления их в отвалах можно рассматривать как техногенные месторождения.

Восьмой уровень – оценка по технико-экономическим показателям

При выборе направлений утилизации шахтных пород и золошлаковых отходов необходимо учитывать невысокую стоимость этого сырья по сравнению с полной разработкой месторождения; возможность замены традиционного сырья шахтными породами или золошлаками; минимальное количество операций по их подготовке к использованию; небольшой радиус перевозок их к месту потребления; высокие показатели свойств материалов и композиций, изготовленных на основе шахтных пород или золошлаков.

Многоуровневая оценка позволит безошибочно определить эффективные направления утилизации шахтных пород и золошлаков. По результатам такой оценки большинство пород шахтных отвалов могут стать сырьевой базой для промышленности строительных материалов, как наиболее материалоемкой отрасли минеральных ресурсов. Шахтные породы и золошлаковые отходы прежде всего это сырье для закладки выработанного пространства, рекультивации нарушенных горными работами земель возведения конструктивных насыпей, устройства промышленных производственных площадок, стоянок и остановочных площадок, стадионов, теннисных кортов, благоустройства территорий, гидротехнического и дорожного строительства. Потребность в такой продукции для дорожного строительства возрастает с каждым днем. Автомобильные дороги, обеспечивая 80 % всех грузовых и 70 % пасса-

жирских перевозок, являются одним из узких мест в транспортной системе любого субъекта РФ. Для устройства, прежде всего, местных подъездных и технологических дорог, городских дорог и тротуаров потребуется огромное количество нерудных строительных материалов. Эту нишу могут заполнить материалы из шахтных пород и золошлаков. Эти материалы можно использовать при строительстве, реконструкции и ремонте автомобильных дорог регионального и местного значения, и большой сети сельских дорог. Эти материалы будут весьма эффективны при реализации программы переустройства неасфальтированных улиц. Практический опыт переработки горелых шахтных пород и исследование физико-механических свойств получаемых из них заполнителей [1.2] подтверждает применимость этих материалов для устройства

конструкционных слоев дорожных одежд и других общестроительных работ. В таблицах 1 и 2 приведены показатели качества щебеночных фракций и отсевов дробления из горелых пород шахтных отвалов.

Заполнители из горелых шахтных пород по качеству не уступают аналогичной продукции из традиционно используемого сырья, и даже имеют некоторые преимущества: не содержат илистых и глинистых частиц и других засоряющих примесей; глины в комках; из-за микропористости частиц легче по насыпному весу; отличаются хорошим сцеплением с растворной частью. Форма зерен щебня кубовидная, пластинчатая и угловатая. Но содержание последних не превышает нормативных требований. Наличие игловатых частиц создает армирующий эффект при укладке щебеночных смесей.

Таблица 1
Показатели качества щебня из пород шахтного отвала

Основные показатели качества щебня	Значение показателей для фракций, мм			
	от 5 до 10	св. 10 до 20	св. 20 до 40	св. 40 до 80
Марка по прочности при испытании на дробимость	600; 800; 1000; 1200	400; 600; 800; 1000; 1200	400; 600; 800; 1000; 1200	600; 800; 1000
Марка по морозостойкости, не менее	F25; F50	F15; F25; F50; F100	F15; F25; F50; F100	F25; F50
Марка по водостойкости	B1; B2	B1; B2	B1; B2	B1; B2
Марка по истираемости	И1; И2	И1; И2	И1; И2	И1; И2
Насыпная плотность, кг/м ³	1120–1240	1180–1260	1140–1270	1160–1300
Истинная плотность, г/см ³	2,66–2,68	2,67–2,69	2,66–2,69	2,65–2,71
Содержание пылевидных и глинистых частиц, %	0,90–1,50	0,70–1,80	0,06–1,40	0,05–0,08
Содержание глины в комках, %	0,01–0,03	0,04–1,0	Не содержится	Не содержится
Содержание пластинчатых и игловатых зерен, %	14,0–25,0	16,5–32,0	4,5–13, 5	3,2–11,8
Содержание зерен слабых пород, %	2,5–8,5	3,0–10,0	1,2–6,3	1,1–5,8
Стойкость против всех видов распада, потеря массы при распаде, %	0,4–2,5	0,3–2,0	0,08–1,20	0,05–1,00
Потери при прокаливании, %	3,5–4,7	2,8–3,7	2,3–3,4	2,0–3,2
Содержание оксида кальция, %	1,15–1,40	1,13–1,24	1,07–1,18	1,03–1,36
Содержание оксида магния, %	0,77–1,20	1,13–1,30	1,03–1,27	1,05–2,52
Содержание серы, сульфатов в пересчете на SO ₃ , %	1,28–2,15	1,25–1,48	1,16–1,27	1,13–1,48
Содержание пирита в пересчете на SO ₃ , %	0,17–0,38	0,03–0,04	0,02–0,08	0,04–0,08
Содержание щелочных оксидов (Na ₂ O + K ₂ O), %	3,50–4,25	2,18–3,51	2,70–3,83	2,95–3,50
Класс материалов по величине A _{эфф.}	I	I	I	I

Поверхность частиц неокатанная, рваная, шероховатая, чистая, т. е. на поверхности частиц не содержатся глинистые и другие засоряющие примеси. В результате термического воздействия частицы породы приобрели пористое строение. Наличием пористости объясняется пониженная, в сравнении

с природным щебнем, насыпная плотность. Содержание углистых примесей не превышает 3 %. Причем углистые примеси представлены в основном полукоксовыми и коксовыми остатками, стойкость которых против окисления и долговечность при воздействии влаги достаточно высоки.

Таблица 2

Показатели качества отсева из пород шахтного отвала

Основные показатели качества отсева	Значения показателей
фракция св. 0 до 5,0 мм	
Марка щебеночной фракции по прочности при испытании на дробимость: фракция от 5 до 10 мм	400; 800
Модуль крупности	1,8–3,6
Марка по пластичности (фракция менее 0,63 мм)	Пл2
Насыпная плотность, кг/м ³	1250–1350
Истинная плотность, г/см ³	2,67–2,69
Содержание пылевидных и глинистых частиц, %	1,58–3,15
Содержание глины в комках, %	0,01,0,03
Устойчивость структуры щебеночной фракции против всех видов распада, потеря массы при распаде, %	0,5–2,3
фракция от 5 до 10 мм	
Коэффициент фильтрации, м/с	6,80–7,32
Содержание щебеночной фракции от 5 до 10 мм, %	21,5–29,0
Потери при прокаливании, %	5,0–6,0
Содержание оксида кальция, %	1,15–1,40
Содержание оксида магния, %	0,77–1,20
Содержание серы, сульфатов в пересчете на SO ₃ , %	1,3–1,5
Содержание пирита в пересчете на SO ₃ , %	0,04–0,43
Содержание щелочных оксидов в пересчете на Na ₂ O и K ₂ O, %	3,50–4,25
Класс материалов по величине A _{эфф}	I

Отсевы дробления горелых пород по зерновому составу соответствуют песчано-гравийной смеси. Песчаная фракция отсева дробления пород по физико-механическим свойствам соответствует пескам I или II класса. По модулю крупности пески относятся к крупному и среднему.

Щебень из горелых пород постепенно завоевывает рынок заполнителей. Массовое внедрение материалов из горелых пород сдерживается в основном их нетрадиционностью и психологической неподготовленностью потребителя. Однако практический опыт применения щебеночных смесей из горелых пород в дорожном строительстве, в устройстве промплощадок, в благоустройстве уже имеется. Так, например, такой опыт накоплен при реконструкции и ремонте промплощадок некоторых шахт; устройстве технологических и подъездных дорог для грузового и легкового автотранспорта; устройстве асфальтобетонных покрытий промплощадок и тротуаров городских улиц. Для этого были использованы дробленые горелые породы и отсева дробления отвала бывшей шахты № 26. Работы выполнены Гукским шахтостроительным управлением № 1 (г. Гуково):

Успешно эксплуатируется подъездная технологическая дорога к в пос. Киселево. Протяженность дороги 1 км. Земляное полотно, нижние и верхние слои дороги выполнены из дробленых горелых пород шахты им. Комсомольская правда.

Есть определенный опыт использования щебня из горелых пород в бетоне. Фирма ООО «Евродон»

при строительстве производственного комплекса – птицефабрики для устройства полов использованы в бетонной смеси заполнители из горелых пород, так как щебень Красносулинского щебеночно-го карьера по содержанию пылевидных и глинистых частиц превышал нормативные требования в 4–5 раз.

Вовлечение в производство минеральных ресурсов техногенных месторождений является важным резервом интенсивного развития ресурсосберегающих технологий, охраны недр, рационального землепользования, защиты окружающей среды, получения дополнительной продукции и прибыли.

Как показывает имеющийся опыт утилизации пород, на переработку одного шахтного отвала необходимо 15–20 лет. При организации достаточного количества предприятий по переработке отвалов у нас есть реальная возможность создать для следующего поколения условия жизни в экологически чистой среде. Конечно, это задача непростая, так как имеется серьезный сдерживающий фактор – стойкое предубеждение производственников к отходам как к сырью. Тем не менее, в последние годы и в этом отношении наметился существенный сдвиг: техногенное сырье все больше завоевывает позиции в индустрии строительных материалов.

Работа выполнена по заданию Минобрнауки РФ по проекту № БЧ0110–11/2017–20

Список литературы

1. Буравчук Н.И., Рутков К.И. Переработка и использование отходов добычи и сжигания углей. Ростов-на-Дону: Изд-во СКНЦ ВШ. 1997. 224 с.
2. Буравчук Н.И., Будницкий В.М., Бражников В.Ф., Мелентьев С.А. Ресурсосбережение в технологии вяжущих и бетонов. Ростов-на-Дону. – 1999. -176 с.

NEW CONSTRUCTION MATERIALS FROM TECHNOGENIC RAW MATERIALS

N.I. Buravchuk, O.V. Guryanova, G.N. Pac

Southern Federal University, Rostov-on-Don

burav@math.rsu.ru, oguryanova@sfedu.ru, park@sfedu.ru

Abstract. The article shows the necessity of using man-caused wastes accumulated on the earth's surface, in particular, burnt rocks of mine dumps and ash and slag mixtures. The growing demand for natural mineral raw materials leads to a reduction in the reserves of high-quality natural raw materials, the development of deposits at great depths. The accumulation of waste from the mining industry has a significant negative impact on the environment and human habitat. In the article, burned rocks of mine dumps and ash and slag wastes are considered as a source of mineral raw materials for the building materials industry. The article considers the main criteria for assessing the quality of man-made raw materials for determining the directions of their use. Primary products, which are obtained during processing and enrichment of burned mine rocks and ash and slag wastes are non-metallic building materials: fractionated crushed stone and sand, crushed stone-sand mixtures, screening cuttings. The physicommechanical properties of crushed stone of various fractions and screening crusts are given. The main consumer of this product may be road construction. In the same industry, practical experience in the use of new non-metallic materials will be accumulated. Applicability of materials from burned rocks in road construction and for the improvement of territories is confirmed by the practice of successful operation of technological and access roads, industrial sites and floors, sidewalks of city streets. Low consumption of materials from burned rocks and ash and slag mixtures is constrained by the instability of their properties, the lack of technological complexes for preparing technogenic raw materials for use, the unconventionality of products and the psychological unpreparedness of the consumer for new construction material.

Keywords: ash-and-slag wastes, burned mines, crushed stone and screenings of crushing of rocks, multi-level assessment, physical and mechanical properties of aggregates..

Referens

1. Buravchuk N.I., Rut'kov K.I. 1997. Pererabotka i ispol'zovanie othodov dobychi i szhiganiya uglej. [The recycling and use of waste of mining and burning coal]. Rostov-na-Donu: Publisher North Caucasus Scientific Center of Higher School. 224 p. (In Russian).
2. Buravchuk N.I., Budnickij V.M., Brazhnikov V.F. i dr. 1999. Resursosberezhenie v tehnologii vjazhushhih i betonov. Rostov-na-Donu: Publisher North Caucasus Scientific Center of Higher School. 176 p. (In Russian).