

КОМПЛЕКСНАЯ ПЕРЕРАБОТКА ОТХОДОВ ЩЕБЕНОЧНЫХ ПРОИЗВОДСТВ



А.Д. Самуков

Научно-производственная корпорация
"Механобр-техника", г. Санкт-Петербург

Рассмотрена проблема образования и переработки отходов при производстве строительного щебня. Предлагается комплексный подход, предполагающий как сокращение количества образующихся отходов, так и последующую их переработку с получением востребованной на рынке продукции. Описаны технологии, основанные на применении вибрационного оборудования и позволяющие получать из отсевов дробления квалифицированные продукты: кубовидный щебень, высококачественный фракционированный искусственный песок и вибропрессованные изделия на его основе. Приведены возможные варианты утилизации пылевидной составляющей отходов с производством легкого заполнителя для бетонов и минеральной ваты. Дана оценка прогнозируемого экологического эффекта от недопущения захоронения отходов производства строительного щебня при условии применения предлагаемых технологий.

Ключевые слова: отходы щебеночных производств, утилизация отсевов дробления, вибрационная дробилка, вибрационный грохот, искусственный фракционированный песок, вибропрессованные изделия, минеральная вата, экологическая эффективность переработки отходов

Complex Recycling of Crushed Aggregates Waste

A.D. Samukov

REC "Mekhanobr-tekhnika", 199106 St. Petersburg, Russia

The problem of the formation and processing of waste in the production of crushing stone for road construction is considered. An integrated approach is proposed, which implies both a reduction in the amount of waste generated and its subsequent processing to obtain products in demand on the market. The technologies based on the use of vibration equipment and allowing to obtain qualified products from crushing screenings are described: cubical crushed aggregates, high-quality fractionated artificial sand and vibro pressed products based on it. The possible options for recycling the dust-like component of the waste with the production of lightweight aggregate for concrete and mineral wool are given. An estimate of the predicted environmental effect of preventing the disposal of waste from the production of crushing stone for road construction, subject to the application of the proposed technologies, is given.

Keywords: crushed aggregates production waste, recycling of crushing screenings, vibratory crusher, vibrating screen, artificial fractionated sand, vibro pressed products, mineral wool, environmental efficiency of waste processing

DOI: 10.18412/1816-0395-2019-07-15-19

Переработка изверженных горных пород с получением строительного щебня относится к отраслям, лидирующим по образованию отходов.

Современная строительная индустрия, создающая такие высокотехнологичные сооружения, как высотные здания, скоростные магистрали, железные дороги, предъявляет жесткие требования к строительному щебню. При этом одним из важнейших требований является кубовидная форма зе-

рен, обеспечивающая прочность и долговечность бетонных конструкций в совокупности со снижением расхода вяжущего.

Кубовидная форма придается щебню посредством механической дезинтеграции. Чем выше требования к кубовидности щебня, тем большее число операций необходимо применить и, соответственно, тем большим будет количество образующихся в результате механической обработки отходов. Сегодня на каждые 10 т товарного щебня приходится 6–8 т

отходов производства, что в масштабах страны составляет около полусотни миллионов тонн ежегодно.

При производстве строительного щебня из изверженных пород образуется в основном два типа отходов: карьерная мелочь и отсевы дробления.

Карьерная мелочь — это продукт крупностью менее 20(40) мм, который образуется при взрывной отбойке в карьере наряду с крупными кусками. Вследствие разрушения



Рис. 1. Отвалы отсевов
Fig. 1. Dumps of screenings

взрывом карьерная мелочь содержит до 50 % зерен лещадной и игловатой формы, загрязнена влажными глинистыми разностями и является крайне неудобным для переработки материалом. Карьерную мелочь отсеивают перед первичным дроблением. Образующийся отход составляет приблизительно 10 % общего объема добываемой горной массы.

Отсевы дробления (менее 5 мм) — это переизмельченная фракция, которая всегда образуется при разрушении горной породы в дробильных агрегатах и выделяется из продуктов дробления посредством грохочения по крупности 5 мм. Составляет в среднем 25–35 % добываемой горной массы.

Использование отсевов в России не превышает 20 %, в основном это отсыпка карьерных дорог, в меньшей степени — строительство местных грунтовых дорог, производство низкокачественных вибропресованных изделий.

Проблемы безопасной утилизации и складирования отсевов связаны также с высоким содержанием в них дисперсной пылящей фракции, которая не только препятствует их квалифицированному использованию, но и наносит колоссальный вред окружающей среде. Отвалы отсевов изверженных пород занимают огромные площади в районах размеще-

ния нерудных карьероуправлений и являются мощнейшими источниками загрязнения воздушного бассейна (рис. 1).

Утилизация отходов производства щебня — важная народнохозяйственная задача, решение которой существенно снизит нагрузку на окружающую среду и улучшит экономические показатели горных предприятий благодаря расширению производственной программы. Специалистами НПК "Механобртехника" разработан комплексный подход к решению данной задачи, заключающийся во внедрении эффективных ресурсосберегающих технологий, позволяющих снизить производственные издержки, принципиально улучшить качество продукции из отходов и расширить ее номенклатуру. Именно в этом случае транспортирование и реализация продукции из отходов за пределами прилегающих к карьероуправлению районов будут экономически целесообразными. Идея заключалась в создании как можно большего числа технологий переработки отходов, сочетающихся с производством различной продукции, для того чтобы каждый щебеночный завод мог реализовать набор технологий, отвечающий сложившейся конъюнктуре.

На практике комплексный подход к переработке изверженных горных пород предла-

гается реализовывать по двум направлениям.

Во-первых, необходимо уменьшить образование отходов основного производства, т.е. следует снизить количество вновь образованных отсевов крупностью менее 5 мм вкуче с повышением качества получаемого щебня.

Решение данной задачи возможно благодаря применению вибрационной технологии дробления, разработанной институтом "Механобр". В вибрационных дробилках рабочие органы приводятся в движение дебалансным вибровозбудителем, жесткие кинематические связи между рабочими органами отсутствуют.

Большое усилие развивается при минимальной нагрузке на привод, поэтому такой дробилке не требуется монослойное питание. В объемном слое кусочки подвергаются импульсному всестороннему сжатию, передающемуся от частицы к частице. Благодаря этому снижается переизмельчение и растет выход зерен кубовидной формы [1–3].

На рис. 2 сопоставлены технологические схемы получения высококачественного кубовидного щебня, содержание зерен лещадной и игольчатой формы в котором не превышает 15 %.

Доля лещадных и игольчатых зерен в продукте стандартных эксцентриковых дробилок достигает 35 %. Для получения кубовидного щебня в такую технологическую схему включают дополнительную стадию — так называемую грануляцию с помощью центробежных ударных дробилок. Количество зерен пластинчатой и игловатой формы при этом удается снизить, но одновременно растет выход отсевов (до 55 %) и снижается выход товарного щебня (до 45 %).

Конусная вибрационная дробилка при равной производительности обеспечивает получение товарного щебня класса 5–20 мм на 15–20 % больше, чем стандартная дробилка с эксцентриковым приводом,

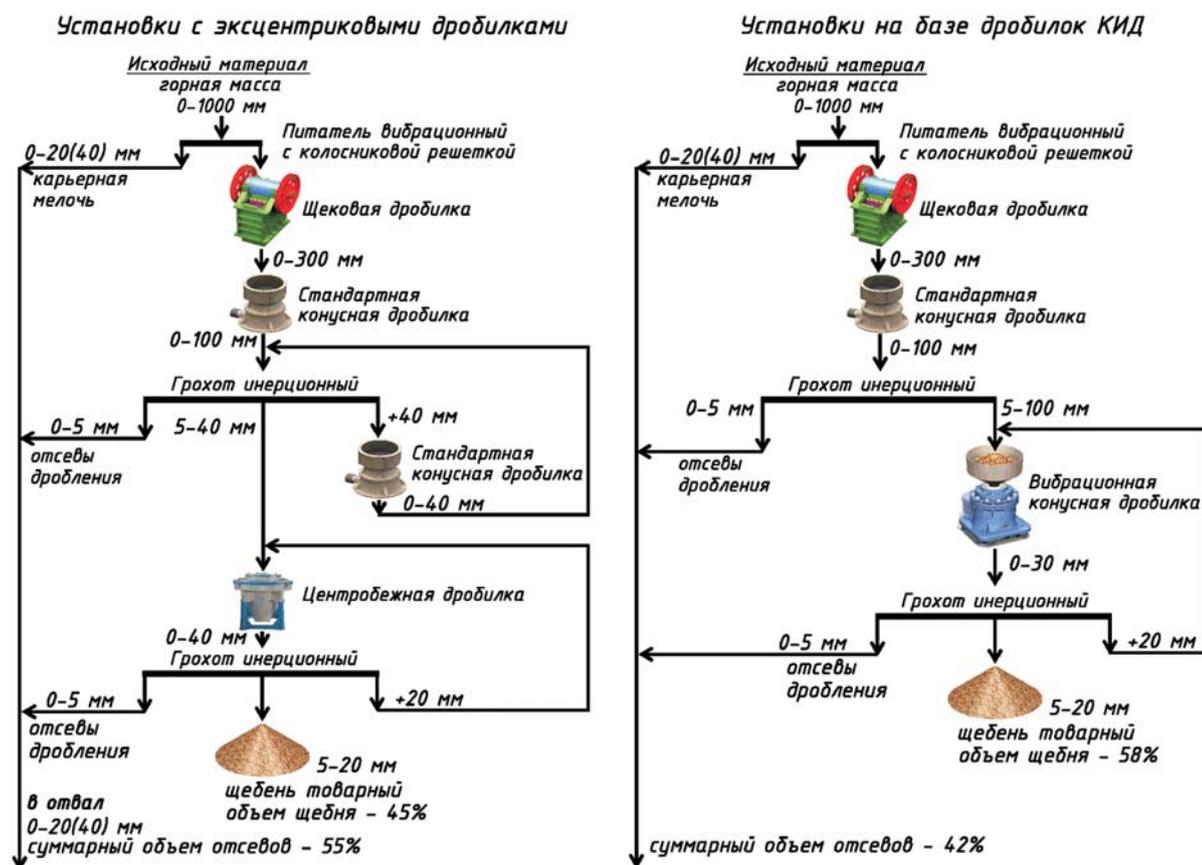


Рис. 2. Схемы производства щебня фракции 5–20 мм с содержанием игольчатых и лещадных зерен менее 15 %
 Fig. 2. Schemes for the production of crushed stone of a fraction of 5–20 mm with a content of needle and flaky grains less than 15 %

что позволяет уменьшить объем циркулирующего материала, соответственно, снизить образование фракции 0–5 мм (отсевов). Содержание нежелательных лещадных и игольчатых зерен в продукте вибрационной дробилки изначально составляет менее 15 %, поэтому при использовании вибрационной дробилки на 3-ей стадии получения щебня отпадает необходимость введения операции гранулирования. Таким образом, отсутствует целая операция, являющаяся источником дополнительного образования переизмельченного материала. Выход отсевов в предлагаемой схеме не превышает 42 %, выход товарного щебня составляет не менее 58 % (см. рис. 2).

Второе важнейшее направление — комплексная переработка отсевов и карьерной мелочи.

Идея предлагаемой технологии (рис. 3) заключается в модификации гранулометрическо-

го состава и формы зерен в вибрационных дробилках с получением квалифицированных товарных продуктов и сырья для существующих на территории карьероуправления технологий. Для улучшения качества классификации по крупности используются новые, более интенсивные виды вибрационных воздействий в инерционных грохотах, отличающихся усиленной конструкцией, позволяющей вести процесс многофракционной классификации при больших частотах с меньшей амплитудой колебаний.

На первой стадии на высокочастотных вибрационных грохотах [4] из карьерной мелочи выделяют сухую фракцию крупностью 5–20(40) мм, которая направляется в вибрационную дробилку. Дробленый продукт классифицируется на вибрационных грохотах с выделением высококачественного товарного щебня фракции 5–20 мм.

Подрешетные продукты вибрационных грохотов круп-

ностью менее 5 мм объединяются с отсевами основного производства и направляются в вибрационную сушилку с кипящим слоем для доведения остаточной влажности до 2 %. Пылевидная фракция 0–0,16 мм, выделенная в вибрационной сушилке, улавливается в циклонах и рукавных фильтрах. Высушенная фракция 0,16–5 мм является сырьем для получения искусственного песка, который далее модифицируется по форме и крупности зерен в вибрационной дробилке. Модифицированные отсевы разделяются на узкие классы крупности 2,5–5,0; 1,25–2,5; 0,63–1,25 и 0,16–0,63 мм, которые в дальнейшем используются в производстве различных вибропрессованных изделий [5].

Крайне важная задача — утилизация выделяемой аспирацией пылевидной фракции крупностью 0–0,16 мм, объемы которой порой достигают 10 % общего количества отходов. Разработаны две альтернативные техно-

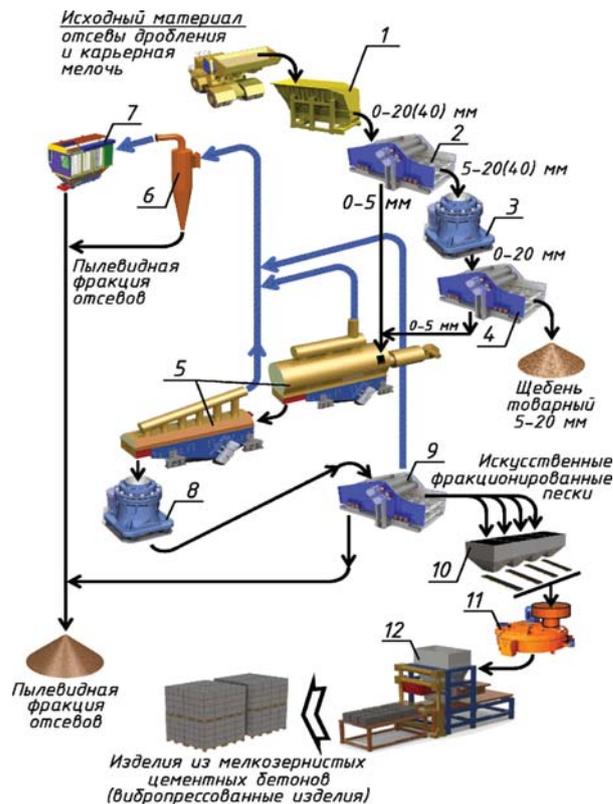


Рис. 3. Принципиальная схема утилизации отсева и карьерной мелочи с получением товарного щебня и вибропрессованных изделий:

1 – бункер-питатель; 2, 9 – вибрационные грохоты с высокочастотными колебаниями; 3, 8 – вибрационная дробилка КИД; 4 – вибрационный грохот; 5 – вибрационная сушилка с кипящим слоем; 6 – циклон; 7 – рукавный фильтр; 10 – бункер дозатор; 11 – смеситель; 12 – вибропресс

Fig. 3. Schematic diagram of the disposal of screenings and quarry fines with the receipt of commercial gravel and vibro-pressed articles: 1 – hopper feeder; 2, 9 – vibrating screens with high-frequency vibrations; 3, 8 – CIC vibration crusher; 4 – vibrating screen; 5 – vibrating fluidized bed dryer; 6 – cyclone; 7 – bag filter; 10 – hopper dispenser; 11 – mixer; 12 – vibro-press

логии получения продукции из пылевидной фракции:

1) производство гранулированного заполнителя для легких бетонов, альтернативного керамзиту;

2) производство минеральной ваты (разработано для пылевидной фракции отсева, выделенных при переработке гранитных пород).

Для производства гранулированного заполнителя для легких бетонов пылевидная фракция отсева смешивается с газообразователем и небольшим количеством вяжущего, гранулируется и подвергается высокотемпературной обработке (рис. 4). В отличие от производства керамзита в данной технологии используются не дефицитные вспучивающиеся глины, а отходы изверженных пород. При этом

важнейшим условием производства легкого заполнителя является использование газообразователя, температура разложения которого совпадает с температурой плавления шихты из гранитной пыли. Только в этом случае выделяемый газ будет вспенивать материал, пришедший в пиропластическое состояние. Для шихты из гранитной пыли этот диапазон гораздо уже, чем для керамзита.

В сотрудничестве с Институтом геологии и минералогии Сибирского отделения РАН проведены работы по подбору газообразователя, обосновано соотношение сырьевых компонентов и установлены оптимальные режимы обжига [6].

В результате использования такой технологии из пылевидной фракции могут быть полу-

чены прочные гранулы с замкнутыми порами. Их теплоизоляционные свойства в 2 раза выше (теплопроводность составляет 0,08 Вт/(м·К)), а водопоглощение в 5 раз ниже, чем у керамзита.

Другой привлекательный вариант утилизации пылевидной фракции — ее использование в качестве сырья для производства минеральной ваты.

Разработанный технологический процесс (рис. 5) предусматривает подготовку шихты из пылевидной фракции гранитных отсева и отсева карбонатных пород, а также вяжущего компонента (не более 5 %). Полученная шихта формируется в брикеты вибропрессованием. Для отвердевания вибропрессованных изделий применяется пропарка. В этом случае

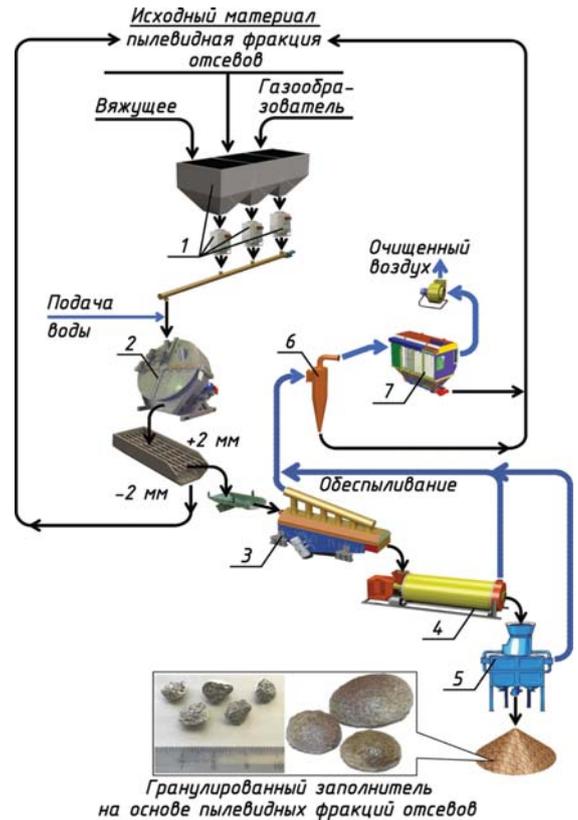


Рис. 4. Принципиальная схема утилизации пылевидных фракций отсева с получением гранулированного заполнителя для легких бетонов:

1 – бункеры-дозаторы; 2 – тарельчатый гранулятор; 3 – агрегат топочно-сушильный; 4 – печь трубная; 5 – охладитель слоевой; 6 – циклон; 7 – рукавный фильтр

Fig. 4. Schematic diagram of the disposal of dust screening fractions with obtaining granulated aggregate for lightweight concrete:

1 – dosing bins; 2 – dish granulator; 3 – heating-drying unit; 4 – tube furnace; 5 – layer chiller; 6 – cyclone; 7 – bag filter

срок отвердевания уменьшается с 28 дней до 7 ч. Твердые брикеты пригодны для выплавки в вагранной печи с получением минеральной ваты по стандартной технологии.

В процессе исследований был определен диапазон соотношения составляющих, в котором достигается вязкость расплава, не превышающая 10 Па·с при температуре 1450 °С и реализуется технологическая возможность изготовления качественной минеральной ваты. Рабочий диапазон включает составы с содержанием гранитной пыли 65–75 %. В качестве вяжущего можно использовать как цемент, так и бентонит [7].

Оба предлагаемых способа позволяют добиться практически полной утилизации пылевидной фракции отсевов, что на 7–30 % сокращает массу пылящего материала, ежегодно вывозимого в отвалы.

Выполненная оценка экологической эффективности пред-

лагаемых решений посредством моделирования воздействия на окружающую среду различных пылевидных отходов показала, что предотвращенный экологический ущерб составит в среднем 1300 руб. на тонну утилизированных отходов. При условии повсеместного внедрения технологии в масштабах РФ только благодаря переработке пылевидной фракции будет достигнуто: снижение выбросов пыли на 220 тыс. т ежегодно; снижение площади занимаемых отвалами земель на десятки гектар; суммарное снижение экологического ущерба на 5 млрд руб. в год [8].

Комплексная переработка отходов щебеночных производств не только имеет огромное природоохранное значение, но при условии привлечения эффективных вибрационных технологий может являться важным направлением повышения конкурентоспособности предприятия.

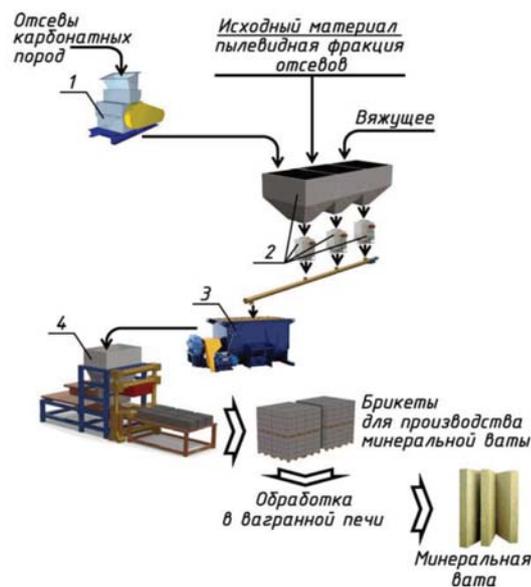


Рис. 5. Принципиальная схема утилизации пылевидных фракций отсевов с получением минеральной ваты

1 – дезинтегратор роторный; 2 – бункеры-дозаторы; 3 – смеситель; 4 – вибропресс

Fig. 5. Schematic diagram of the disposal of dust fractions of screenings with the production of mineral wool:

1 – rotary disintegrator; 2 – dosing bins; 3 – mixer; 4 – vibro-press

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект №17-79-30056).

Литература

1. Арсентьев В.А., Вайсберг Л.А., Зарогатский Л.П., Шулюяков А.Д. Производство кубовидного щебня и строительного песка с использованием вибрационных дробилок. Санкт-Петербург, 2004. С. 112.
2. Вайсберг Л.А., Шулюяков А.Д., Орлов С.Л., Спиридонов П.А., Далатказин А.А. Новые технологии производства высококачественного кубовидного щебня мелких фракций. Горная промышленность. 2010. № 3 (91). С. 10–13.
3. Вайсберг Л.А., Каменева Е.Е., Аминов В.Н. Оценка технологических возможностей управления качеством щебня при дезинтеграции строительных горных пород. Строительные материалы. 2013. № 11. С. 30–34.
4. Коровников А.Н., Трофимов В.А. Новое поколение грохотов для промышленности строительных материалов. Строительные материалы. 2008. № 7. С. 14–17.
5. Арсентьев В.А., Вайсберг Л.А., Шулюяков А.Д., Ромашев А.О. Технологии утилизации отходов производства инертных нерудных материалов. Обогащение руд. 2012. № 5. С. 51–54.
6. Кутюлин В.А., Шулюяков А.Д., Широких В.А. Физико-химические основы получения заполнителей для легких бетонов из тонкодисперсных фракций твердых полезных ископаемых. Обогащение руд. 2013. № 5. С. 46–48.
7. Бортников А.В., Самуков А.Д., Спиридонов П.А., Шулюяков А.Д. Разработка технологии подготовки шихты для производства минеральной ваты на основе использования отходов переработки горных пород. Обогащение руд. 2015. № 3. С. 51–55.
8. Михайлова Н.В. Оценка экологической эффективности утилизации пылевидной фракции гранитных отсевов. Обогащение руд. 2016. № 6. С. 57–61.

References

1. Arsent'ev V.A., Vaisberg L.A., Zarogatskii L.P., Shuloyakov A.D. Proizvodstvo kubovidnogo shchebnya i stroitel'nogo peska s ispol'zovaniem vibratsionnykh drobilok. Sankt-Peterburg, 2004. S. 112.
2. Vaisberg L.A., Shuloyakov A.D., Orlov S.L., Spiridonov P.A., Dalatkazin A.A. Novye tekhnologii proizvodstva vysokokachestvennogo kubovidnogo shchebnya melkikh fraktsii. Gornaya promyshlennost'. 2010. № 3 (91). S. 10–13.
3. Vaisberg L.A., Kameneva E.E., Aminov V.N. Otsenka tekhnologicheskikh vozmozhnostei upravleniya kachestvom shchebnya pri dezintegratsii stroitel'nykh gornyykh porod. Stroitel'nye materialy. 2013. № 11. S. 30–34.
4. Korovnikov A.N., Trofimov V.A. Novoe pokolenie grokhotov dlya promyshlennosti stroitel'nykh materialov. Stroitel'nye materialy. 2008. № 7. S. 14–17.
5. Arsent'ev V.A., Vaisberg L.A., Shuloyakov A.D., Romashev A.O. Tekhnologii utilizatsii otkhodov proizvodstva inertnykh nerudnykh materialov. Obogashchenie rud. 2012. № 5. S. 51–54.
6. Kutolin V.A., Shuloyakov A.D., Shirokikh V.A. Fiziko-khimicheskie osnovy polucheniya zapolnitelei dlya legkikh betonov iz tonkodispersnykh fraktsii tverdykh poleznykh iskopaemykh. Obogashchenie rud. 2013. № 5. S. 46–48.
7. Bortnikov A.V., Samukov A.D., Spiridonov P.A., Shuloyakov A.D. Razrabotka tekhnologii podgotovki shikhty dlya proizvodstva mineral'noi vaty na osnove ispol'zovaniya otkhodov pererabotki gornyykh porod. Obogashchenie rud. 2015. № 3. S. 51–55.
8. Mikhailova N.V. Otsenka ekologicheskoi effektivnosti utilizatsii pylevidnoi fraktsii granitnykh otsevvov. Obogashchenie rud. 2016. № 6. S. 57–61.

А.Д. Самуков – зав. технологическим отделом, Научно-производственная корпорация "Механобр-техника", 19106 Россия, г. Санкт-Петербург, 22 линия 3, e-mail: samukov_ad@npk-mt.spb.ru

A.D. Samukov – Head of Technological Department, REC "Mekhanobr-tehnika", 19106 Russia, St. Petersburg, 22 liniya V.O. 3, e-mail: samukov_ad@npk-mt.spb.ru