УДК 622:338

КОМПЛЕКСНАЯ ПЕРЕРАБОТКА ТЕХНОГЕННЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ, СКОПЛЕННЫХ НА МЕСТОРОЖДЕНИИ ИЗВЕСТНЯКОВ-РАКУШЕЧНИКОВ «САРЫ-ТАШ»

Калдыбаев Н.А., Салиева М.Г., Саипов Б.

Ошский технологический университет, Ош, e-mail: nurlan67@mail.ru

Добыча и переработка полезных ископаемых сопровождается многотоннажным отхождением отходов. Складирование горнопромышленных отходов в отвалах и хранилищах чревато негативными экологическими последствиями, приводит к излишней занятости значительных площадей хозяйственных земель. Следовательно, с позиций рационального природопользования возникает необходимость вторичной переработки отходов горнодобывающей промышленности, что позволяет рассматривать их как техногенные минеральные образования. Основной целью исследований является разработка наукоемких технологий переработки техногенных минеральных образований. В настоящей работе проведен анализ показателей отхождением процесса обработки блоков на одном из крупнейших в мире месторождений известняка-ракушечника «Сары-Таш». С учетом химического состава и физико-механических свойств техногенных образований, скопленных на месторождении «Сары-Таш», разработана ресурсосберегающая технология производства высокодекоративных архитектурно-строительных изделий из отходов камнедобывающей промышленности. Проведены опытно-экспериментальные работы по апробации технологической схемы переработки отходов камнепечения с предварительной механохимической активацией в лабораторных условиях. Формовка изделий производилась с помощью установки АСМ-1. По результатам проведенных опытов предложен новый состав для изготовления стеновых камней из техногенного сырья – мелкодисперсных отходов известняка-ракушечника, с заданным комплексом строительно-технических и эксплуатационных свойств для строительства малоэтажных зданий. Получены опытные образцы строительных изделий для кладки стен, характеризующиеся легкостью и удобством кладки при равных прочностных характеристиках.

Ключевые слова: горнодобывающая промышленность, техногенные минеральные образования, отходы, переработка, механохимическая активация, стеновые материалы, камнебетон

INTEGRATED PROCESSING OF TECHNOLOGICAL MINERAL FORMATIONS COLLECTED AT THE DEPOSIT OF SALY-TASH LIMESTONES

Kaldybaev N.A., Salieva M.G., Saipov B.

Osh Technological University, Osh, e-mail: nurlan67@mail.ru

Extraction and processing of minerals is accompanied by large-tonnage waste formation. Storage of mining wastes in dumps and storages is fraught with negative environmental consequences, leading to excessive employment of large areas of commercial land. Consequently, from the standpoint of environmental management there is a need for recycling of mining waste, which allows us to consider them as man-made mineral formations. The main purpose of the research is the development of high technologies for the processing of technogenic mineral formations. In this paper, we analyzed the waste formation indicators of the processing of blocks at one of the largest deposits of limestone limestone in the world «Sary-Tash». Taking into account the chemical composition and physicochemical properties of technogenic formations accumulated at the Sary-Tash deposit, a resource-saving technology has been developed for the production of highly decorative architectural and construction products from waste of the stone mining industry. Experimental works on approbation of the technological scheme for processing of sawmill waste with preliminary mechanochemical activation in laboratory conditions were carried out. Forming products was carried out using the installation of the ASM-1. According to the results of the experiments, a new composition was proposed for the manufacture of wall stones from man-made raw materials – fine limestone shell limestone waste, with a given set of construction, technical and operational properties for the construction of low-rise buildings. Prototypes of building products for laying walls, characterized by ease and convenience of laying with equal strength characteristics.

Keywords: mining industry, man-made mineral formations, waste, processing, mechanochemical activation, wall materials, stone-concrete

Горнодобывающее и горно-перерабатывающее производство ввиду специфичности технологических процессов, включающих многократное дробление и измельчение, сопровождаются образованием огромного количества промышленных отходов. Горнопромышленные отходы, размещаемые в специальных отвалах и хвостохранилищах, занимают довольно большие площади хозяйственных земель и ухудшают экологическую обстановку региона. Запасы при-

родных ресурсов ограничены и не возобновляемы, в связи с чем все большее внимание обращают на вторичную переработку горнопромышленных отходов, которые могут служить потенциальным источником пополнения минерально-сырьевой базы.

Следовательно, вопрос вовлечения в переработку техногенных образований, скопленных в месторождениях полезных ископаемых и хвостохранилищах является актуальной проблемой. Решение этой про-

блемы требует проведения комплексных исследований по научному обоснованию стратегии их комплексного освоения для нужд народного хозяйства. Вопросы разработки безотходной технологии добычи и переработки природного камня рассмотрены в работах [1–5], где приводятся различные варианты технических решений по утилизации горнопромышленных отходов.

Как показывает опыт эксплуатации карьера «Сары-Таш» (Кыргызстан), являющегося одним из крупнейших в мире месторождений известняка-ракушечника, выход товарных блоков составляет 62 % от объема добываемой горной массы. Добываемые товарные блоки далее поступают в камнеобрабатывающий завод, где в результате распиловки, окантовки, сортировки и транспортировки снова появляются промышленные отходы различных размеров. В совокупности, как показали результаты хронометражных наблюдений, объемы отходообразования, в зависимости от типа применяемого технологического оборудования, достигают от до 59 до 68 % от объема исходной добываемой горной массы. В настоящее время только малая часть отходов (до 10 %) подвергается утилизации. Если учесть, что первоначальные балансовые запасы месторождения составляли 14 млн м³, то нетрудно подсчитать, что при среднерыночной цене товарных блоков, равной 180 \$, потери сырья приводят к многомиллионному экономическому ущербу.

В настоящей работе поставлена задача по оценке перспектив комплексного освоения горнопромышленных отходов, расположенных в карьерах и камнеобрабатывающих заводах Кыргызской республики. Конечной целью работ является разработка наукоемких технологий по переработке горнопромышленных отходов на высокодекоративные архитектурно-строительные изделия.

Материалы и методы исследования

С целью обоснования рациональных параметров технологического процесса изготовления строительных изделий проводились опытно-промышленные работы с отходами известняка-ракушечника месторождения «Сары-Таш». Для этих целей из промышленной площадки камнеобрабатывающего завода «АО Ош-Ак-Таш» осуществлен отбор технологических проб общим весом 800 кг. Отобранные пробы изучались на предмет пригодности в качестве сырьевого источника для производства ячеистого камнебетона согласно требованиям ГОСТ 6133-99 «Камни бетонные стеновые. Технические условия» [6].

Для изучения пригодности отходов распиловки известняка-ракушечника в качестве стенового материала методом механопрессования изготавливались кубики размером 7х7 см. В качестве вяжущего в первом варианте использован белый портландцемент

производства АО «Шуровский» марки 1-ДО 500, во втором варианте цемент марки 500 «Хуаксин» (Таджикистан). Изготовленные кубики после набора прочности в течение 28 суток отправлялись в лабораторию ЮРУ «Стройстандарт» (Республиканский Центр стандартизации и сертификации в строительстве) для определения физико-механических свойств.

В целях промышленной апробации технологии производства ячеистого камнебетона из отходов камнепиления проводились опытно-промышленные работы в следующем порядке. В смеситель-активатор АСМ-1 (производство АО «Алтай Строймаш», г. Барнаул) заливали предварительно нагретую воду в объеме 55–60 л (50–80 °С), после заливки воды включали смеситель. Затем засыпали цемент марки 500 или 500Д20. Добавляли каустическую соду и сульфат натрия (он же натрий сернокислый). Далее вводили в раствор шлам известняка-ракушечника (фракции 0,1–2 мм). Перемешивали все вышеперечисленные компоненты в течение 3–5 минут. Затем добавляли заранее приготовленную пудру алюминиевую с массой $m = 118$ г, перемешивали с раствором в течении 1 минуты.

Затем смеситель подкатывали к металлической форме и сливали раствор. Фиксировалось время застывания раствора и когда структура ячейки приняла твердое состояние, бетон разрезали на блоки с размерами 600х300х200 мм.

Результаты исследования и их обсуждение

Изучение физико-механических свойств отходов распиловки известняка-ракушечника показало их пригодность для использования в строительных целях (табл. 1). Материал не пожароопасен и не токсичен.

По результатам проведенных опытов разработана и апробирована в лабораторных условиях технология получения стеновых материалов из мелкодисперсных отходов известняка-ракушечника механохимическим методом. Перед испытаниями отобранные пробы шлама подвергались к отмучиванию по стандартной методике.

Проведенные в лаборатории ЮРУ «Стройстандарт» испытания показали что, камнебетон, изготовленный из шлама распиловки известняка-ракушечника, соответствует требованиям действующих стандартов и характеризуется достаточной прочностью и морозостойкостью в климатических условиях южного региона (табл. 2).

Согласно результатам испытаний, предел прочности кубиков, изготовленных из отходов распиловки известняка-ракушечника в зависимости от процентного соотношения и марки портландцемента, давления прессования составляет от 275,9 до 527,80 кгс/см². Морозостойкость-М_{рз} 50. Наиболее оптимальной с точки зрения обеспечения прочности является добавка портландцемента в количестве не менее 15 % по массе.

Таблица 1

Основные физико-механические характеристики отходов известняка-ракушечника

№ п/п	Наименование показателей	Значения
1	Степень твердости по Моосу	5–6
2	Максимальный размер зерна, мм	до 5 мм
3	Зерновой состав (распределение)	менее 1 мм – 32 %; d = 1 мм – 51 %; d = 2 мм – 6 %; d = 3 мм – 2,5 %; d = 4 мм – 2,5 %; d = 5 мм – до 6 %
4	Удельная поверхность, см ² /г	1900
5	Удельный вес в естественном состоянии, г/см ³	1,4
6	Удельный вес в сухом состоянии, г/см ³	1,2
7	Влажность, %	3 %
8	Радиоактивность, мкР/час	13
9	Усредненный химический состав	

Таблица 2

Результаты испытаний образцов камнебетонного блока из шлама известняка-ракушечника (вяжущее – портландцемент марки 500)

№ п/п	Технологические параметры изготовления		Геометрические размеры образца, см			Усилие разрыва, кН	Плотность, г/см ³	Предел прочности к сжатию, кгс/см ²
	% содержания цемента	Давление пресования, кгс	X	Y	Z	F	ρ	σ сж.
1	10	15	0,71	0,73	0,75	14,3	1,62	275,9
2	10	25	0,76	0,71	0,75	14,6	1,74	266,5
3	15	15	0,74	0,72	0,74	19,5	1,76	353,2
4	15	25	0,74	0,70	0,74	27,6	1,77	527,8

Таблица 3

Оптимальная рецептура изготовления камнебетона

	D700	D 600	D 500
Цемент, кг	312	318	286
Шлам известняка-ракушечника, кг	403	312	234
Вода, л	264	256	208
Al, грамм	544	544	544
Сульфат натрия, кг	4,6	4,6	4,6
Кауст. сода, кг	3	3	3

Исходя из результатов лабораторных испытаний разработана оптимальная рецептура изготовления камнебетона на 1 м³ камнебетона разной плотности (табл. 3).

Наибольшая декоративная эффективность достигнута при использовании Щуровского цемента марки 1-ДО 500, при этом структура ячеистого бетона была идентична структуре натурального камня (рисунок, а). Строительный кирпич, изготовленный методом компрессионного прессования с применением в качестве вя-

жущего гипса, имел прочность 25–40 МПа и характеризуется привлекательным внешним видом (рисунок, б).

Сравнение технико-экономических показателей широко распространенных в современной рыночной конъюнктуре стеновых камней показывает, что камнебетон, изготовленный из шлама распиловки известняка-ракушечника, является конкурентоспособным материалом и не уступает аналогам по своим строительно-техническим качествам (табл. 4).

а)

б)

Опытные образцы строительных изделий, изготовленных из отходов распиловки известняка-ракушечника месторождения Сары-Таши: а) ячеистый камнебетон с размерами 60х30х20 см, б) строительный кирпич с размерами 25х12,5х8

Таблица 4

Сравнительные технико-экономические показатели легких конструкционных материалов (ячеистый бетон)

Наименование параметра	Камнебетон из отходов известняка-ракушечника	Газобетон	Пенобетон
Коэффициент теплопроводности, Вт/(м.С°)	0,1–0,12	0,1–0,14	0,09–0,38
Объемный вес (плотность), кг/м³	400–900	400–800	400–1200
Марка по плотности	D400...700	D400...700	D400...800, D1000...1200
Класс прочности бетона на сжатие	Класс В2.5 при D400	Класс В2.5 при D500	Класс В2.5 при D750
Паронепроницаемость, мг/м²Па	0,2	0,2	0,2
Водопоглощение, % от массы	18–20	20–25	10–16
Морозостойкость, не менее	50	50 циклов	25 циклов
Кладка... /толщина кладочного шва, мм	На клей, раствор/ 3–5 мм	Только на клей/2–3 мм	На клей, раствор/10 мм
Средняя усадка готовой кладки, м/м	0,2–0,3	0,3	2–3
Возможность армирования кладки	да	да	нет
Средняя толщина однослойной стены, м		0,4	0,63
Звукоизоляция	средн.	хуже	лучше
Внешний вид	декоратив.	средне декоратив.	недекоратив.
Средняя стоимость	3500,0	4000,0	2800

Опытно-экспериментальными работами доказано, что из шлама камнераспиловки можно получать стеновые камни маркой не ниже М50 (ГОСТ 6133-99 «Камни бетонные стеновые»). Полученные блоки рекомендуются для строительства стен малоэтажных зданий, а также в качестве теплоизоляционного материала в больших многоэтажных домах.

Камнебетонные блоки, получаемые из малодисперсных отходов известняка-раку-

шечника, характеризуются более низким удельным весом, повышенной прочностью и водостойкостью по сравнению с натуральным камнем. Но большой расход портландцемента приводит к повышению себестоимости полученных изделий. В связи с этим в качестве альтернативного вида вяжущего рассматриваются гидравлическое вяжущее и роман-цемент, которые могут быть получены из известняка-ракушечника, то есть из тех же отходов.

Заключение

В процессе опытно-экспериментальных работ по апробации технологической схемы переработки мелкодисперсных отходов камня выявлена необходимость предварительной механохимической активации исходного сырья. В качестве механоактиватора использована усовершенствованная конструкция смесителя АСМ-1, оснащенная винтом-активатором. Предложен новый состав (рецептура) для изготовления стеновых камней из техногенного сырья – мелкодисперсных отходов известняка-ракушечника, с заданным комплексом строительно-технических и эксплуатационных свойств для строительства малоэтажных зданий.

Получены опытные образцы строительных изделий для кладки стен, характеризующиеся легкостью и удобством кладки при равных прочностных характеристиках.

Список литературы

1. Волуев И.В., Сычев Ю.И., Ткач В.Р. Безотходная технология добычи и обработки блочного природного камня. М.: Недра, 1994. 192 с.
2. Калдыбаев Н.А. Инновационные технологии переработки отходов камнедобывающей промышленности // Инновации в науке. 2012. № 9. С. 25–30.
3. Калдыбаев Н.А. Технология переработки мелкодисперсных отходов известняка-ракушечника // Инновационные технологии обогащения минерального и техногенного сырья: материалы научно-технической конференции, проведенной в рамках VII Уральского горнопромышленного форума, 2017. С. 54–60.
4. Калинина Е.В. Утилизация шламов карбоната кальция в производстве товарных продуктов строительной отрасли // Вестник ПНИПУ. Урбанистика. 2012. № 1. С. 97–113.
5. Худякова Л.И., Войлошников О.В., Котова И.Ю. Влияние механической активации на процесс образования и свойства композиционных вяжущих материалов // Строительные материалы. 2015. № 3. С. 37–41.
6. ГОСТ 6133-99. Камни бетонные стеновые. М.: ГУП ЦПП, Госстрой России, 2001. 39 с.