

УДК 666.9.022.3

**ПЕРЕРАБОТКА ШЛАМОВЫХ ПРОДУКТОВ ПРОМЫВКИ ОТСЕВОВ  
ШАРХИНСКОГО КАРЬЕРА В ИЗДЕЛИЯ ПОЛУСУХОГО  
ПРЕССОВАНИЯ**

*д.т.н., проф.. Федоркин С.И, к.т.н., доц. Макарова Е.С.,  
аспирантка Елькина И.И.*

*Национальная академия природоохранного и курортного строительства,  
Симферополь*

При современном уровне и масштабах потребления природных сырьевых материалов значение фактора полноты использования и вовлечения в общественное производство вторичных материальных ресурсов имеет первостепенное значение. Комплексное использование сырья и отходов важно еще и потому, что оно связано с решением проблемы создания безотходных и экологически чистых технологий.

В частности, в процессе производства песка из отсевов, образующихся при дроблении грандиоритовых пород на Шархинском карьере (АР Крым) при промывке образуется до 50-60 тыс. м<sup>3</sup> отходов в год.

В настоящее время общий объем отсевов в отвалах – 600,4 тыс. м<sup>3</sup>, полностью заполнен шламоотстойник объемом 1,5 тыс. м<sup>3</sup>, построен новый шламоотстойник объемом 5 тыс. м<sup>3</sup> (рис.1), который на сегодняшний день практически полностью заполнен.



*Рис. 1. Шламоотстойник Шархинского карьера объемом 5 тыс. м<sup>3</sup>*

Отсутствие экологически приемлемых условий для захоронения шламов на южном берегу Крыма (западная зона Алушты), вызывает необходимость поиска путей утилизации шлама.

Научные школы Ю.М.Баженова, П.П. Будникова, В.Т.Ерофеева, П.Г.Комохова, Л.Б.Сватовской, Т.М.Петровой, В.И. Соломатова и других ученых выполнили обширные исследования в области использования отходов в производстве строительных материалов. На основе исследований созданы методики прогнозирования прочностных характеристик бетонов, изготавливаемых на основе техногенного сырья, изучены процессы кристаллизации при введении в цемент тонкодисперсных техногенных продуктов, разработаны технологические процессы изготовления

строительных материалов на основе побочных продуктов различных производств [1].

В работе [2] исследован процесс формирования структуры газобетонных изделий на основе тонкодисперсных отходов камнедробления горных пород, принципиально отличающихся по химическому и минеральному составу от традиционно применяемых наполнителей для производства ячеистых бетонов. При этом установлено следующее: тонкодисперсные отходы камнедробления горных пород могут быть эффективно использованы взамен традиционно применяемых кремнеземистых наполнителей при изготовлении ячеистых бетонов.

Анализируя ряд исследований [3,4,5,6] можно заключить, что одним из наиболее перспективных направлений утилизации шламовых отходов промывки отсевов является их использование в производстве строительных материалов, например, в качестве наполнителя-пластификатора цементных масс для производства стеновых строительных изделий. Однако при таком способе утилизации количество перерабатываемого шлама незначительно и не может решить экологические проблемы, связанные с увеличением объема шламонакопителей.

Таким образом, существующий опыт переработки высокодисперсных шламовых продуктов в строительные материалы свидетельствует о том, что наиболее эффективным способом увеличения объемов утилизации является полусухое прессование мелкоштучных стеновых материалов.

Шлам является отходом мокрой классификации отсевов карьера.

По минеральному составу шлам в основном представлен тонкодисперсными фракциями горной породы (кварцем и полевым шпатом).

Исследуя фракционный и химический состав Шархинских шламов, можно сделать вывод, что шламы представляют собой тонкодисперсный продукт, в котором зерна менее 0,15 мм составляют 98,5-99,9%, содержание в шламе фракции менее 0,05 мм составляет 70-99% в зависимости от места отбора проб. Примерно 20% шлама представлено фракцией менее 0,01 мм.

Специфические свойства шлама Шархинского карьера: высокая дисперсность, пониженное содержание кремнезема, пассивированная поверхность частиц, наличие морских солей и др., предопределяет неприемлемость обычной широко опробованной технологии их переработки при изготовлении бетонных изделий. В итоге возникает необходимость поиска других технических решений его утилизации.

Целью настоящей работы является разработка эффективной технологии переработки шламовых продуктов промывки отсевов Шархинского карьера в стеновые строительные материалы с использованием метода полусухого прессования изделий.

Лабораторные исследования проводили на образцах-цилиндрах диаметром и высотой 3 см. Сырьевую смесь заданного состава готовили перемешиванием шлакопортландцемента и шлама в лабораторном смесителе. Относительная формовочная влажность смеси 10% (мас.). Образцы-цилиндры прессовали на прессе П-10 при заданном удельном давлении. После прессования образцы выдерживали в течение 28 суток во влажных условиях,

а затем определяли их предел прочности при сжатии по стандартной методике.

Структуру образцов изучали с помощью электронной сканирующей микроскопии на микроскопе PEM-106, SELMI.

Опытно-промышленные испытания проводили на оборудовании фирмы «Агрегат» путем формования стандартного пустотелого кирпича. Физико-механические характеристики кирпича определяли в соответствии с требованиями ДСТУ Б В.2.7-7:2008.

На первом этапе нами были проведены исследования по определению оптимального давления полусухого прессования изделий.

Результаты исследования зависимости предела прочности образцов при сжатии от удельного давления прессования и состава смеси приведены в табл.1.

*Таблица 1*  
*Зависимость предела прочности образцов при сжатии от состава формовочной смеси и удельного давления прессования*

Удельное давление прессования, МПа	Предел прочности образцов при сжатии (МПа) состав (% , мас.)		
	Шлам-90%, ШПЦ-10%	Шлам-80%, ШПЦ-20%	Шлам-70%, ШПЦ-30%
5	2,44	4,10	9,85
10	4,77	9,91	16,97
15	7,40	13,12	21,43
20	10,11	15,20	25,50
25	11,95	16,93	28,50
30	13,51	19,82	30,81
35	13,64	20,01	31,02
40	13,72	20,07	31,17

Из формовочной смеси, содержащей шлам Шархинского карьера и шлакопортландцемент Краматорского цементного завода, прессовали образцы-цилиндры при удельном давлении 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 и 40МПа. Образцы прессовали из сырьевой смеси трех составов, включающих 10, 20, 30% по массе шлакопортландцемента, соответственно.

Данные табл. 1 свидетельствуют о существенном росте прочности образцов с увеличением давления. Причем, до давления 30МПа происходит более интенсивный рост прочности образцов с 2,44-9,85 МПа до 13,51-30,81 МПа независимо от количества шлакопортландцемента. При увеличении давления прессования более 30МПа рост прочности незначителен (до 1,5%).

Полученные экспериментальные исследования показывают, что оптимальное давление прессования составляет 30 МПа.

Для изучения одновременного влияния давления прессования и содержания шлакопортландцемента в формовочной смеси на физико-механические свойства образцов был принят рототабельный центральный композиционный план (РЦКП) [7,8].

Стандартная методика обработки рототабельного плана позволила вывести уравнение регрессии, описывающее аналитическую функцию изменения физико-механических свойств от исследуемых факторов.

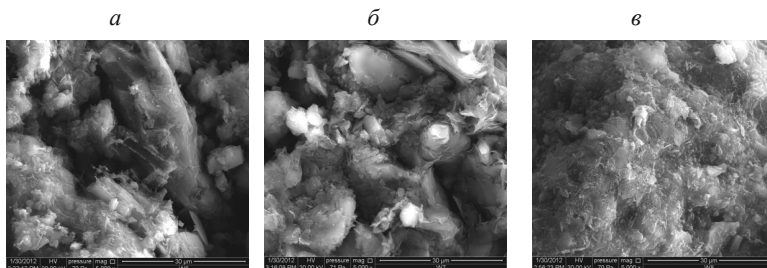
Алгебраический полином второго порядка, описывающий зависимость прочности от давления прессования ( $X_1$ ) и количества шлакопортландцемента в формовочной смеси ( $X_2$ ), имеет следующий вид:

$$Y_1 = 22,14 + 1,01X_1 + 8,78X_2 - 0,71X_1^2.$$

Представленное уравнение регрессии позволяет количественно оценить влияние варьирования каждого из изучаемых технологических факторов (давления прессования и количества шлакопортландцемента в формовочной смеси) на прочность образцов.

Анализ уравнения регрессии свидетельствуют о положительном влиянии роста давления прессования и содержания шлакопортландцемента в формовочной смеси на увеличение прочности образцов.

Электромикроскопические исследования структуры цементного камня с содержанием шламовых продуктов 70, 80, 90% (мас.) приведены на рис. 2.



*Рис. 2. Структура цементного камня с содержанием шлама 70% (а), 80% (б), 90%(в) в возрасте 28 суток*

Результаты электромикроскопических исследований показали, что структура образцов состоит из частиц шлама, продуктов гидратации шлакопортландцемента и его негидратированных зерен. Кристаллы гидросиликатов и гидроалюминатов кальция перекрывают поровое пространство. Образующийся при гидратации гидрооксид кальция представлен кристаллами гексагональной формы и более массивными структурами. Кристаллы новообразований равномерно распределены по массе материала и скрепляют частицы шлама в плотный и прочный конгломерат, что подтверждают результаты физико-механических испытаний образцов.

В заводских условиях была проведена опытно-промышленная проверка технологии прессования пустотелого кирпича из формовочных смесей приведенных выше составов. Процесс формования и полученные изделия приведены на рис. 3.



а б  
Рис. 3. Процесс формования (а) и вид полученного кирпича (б)

Приготовленные в смесителе принудительного действия формовочные смеси направляли в промышленный гидравлический пресс двухстороннего действия А 300-С2 фирмы «Агрегат» для прессования пустотелого лицевого кирпича размером  $250 \times 120 \times 65$  мм. Удельное давление прессования кирпича на этом прессе составляло 30МПа.

В результате опытно-промышленной проверки получен пустотелый кирпич с пределом прочности при сжатии 12,5МПа (шлам-90%, ШПЦ-10%); 20,3 МПа (шлам-80%, ШПЦ-20%) и 31,6МПа (шлам-70%, ШПЦ-30%). Лицевой кирпич из опытной партии обладал следующими физико-механическими характеристиками: средняя плотность материала кирпича  $1950 \text{ кг/м}^3$ , средняя плотность кирпича –  $1400 \text{ кг/м}^3$ , водопоглощение – 8%, морозостойкость не менее 50 циклов попеременного замораживания и оттаивания, пустотность кирпича – 33 %.

Таким образом, результаты лабораторных и опытно-промышленных испытаний свидетельствуют о возможности эффективной переработки шламовых продуктов промывки отсевов Шархинского карьера в качественные изделия с использованием метода полусухого прессования. При этом марка получаемого кирпича по ДСТУ Б В.2.7-7:2008 составляет М100-М300 в зависимости от количества шлакопортландцемента в сырьевой смеси.

## ВЫВОДЫ.

1. Изучено влияние полусухого прессования на прочность образцов из формовочных смесей на основе шламовых продуктов промывки отсевов Шархинского карьера. Показано, что оптимальное удельное давление прессования образцов из формовочных смесей, содержащих 10, 20, 30% шлакопортландцемента, составляет 30МПа.
2. С помощью ротатбельного центрального композиционного плана проведена статическая обработка экспериментальных результатов и получено уравнение регрессии зависимости прочности образцов от давления прессования и содержания шлакопортландцемента в формовочной смеси.
3. Исследована микроструктура образцов и установлено, что

полученный материал представляет собой однородный и прочный конгломерат, кристаллы новообразований равномерно распределены по массе и связывают частицы шлама.

4. Проведена опытно-промышленная проверка процесса полусухого прессования изделий из формовочных смесей на основе шлама Шархинского карьера. Установлена возможность получения высококачественного пустотелого кирпича марок М100-М300 при содержании шлакопортландцемента в смеси в пределах 10-30% (мас.) полностью соответствующего требованиям ДСТУ Б В.2.7-7:2008 [11].

#### ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Пахрудинов И.П. Бетоны на основе отсева щебеночных заводов: дис. ...кандидата технических наук : 05.23.05 / Пахрудинов Исмаил Пирмагомедович. – Ростов-на-Дону, 2005.-157 с.
2. Фомичева Г.Н. Неавтоклавный газобетон на основе дисперсных отходов камнедробления: дис. ...кандидата технических наук : 05.23.05 / Фомичева Галина Николаевна. – Новосибирск, 2005.-141 с.
3. Дворкин Л. И. Строительные материалы из промышленных отходов / Дворкин Л. И., Пашков И. А. – К. : Вища школа, 1980. – 144 с.
4. Поисковые исследования по использованию шламовых продуктов промывки отсевов Шархинского карьера в производстве строительных материалов / [С.В.Ефанова, В.В.Корнеев, И.Л.Мошковская, П.Г.Сильченко, Ю.П. Скрыпник]. – Симферополь. : НИПКТИ строительных материалов "Укрстромниипроект", 1991. – 115 с. – (Научно-технический отчет ; № гос. регистрации 01.9.10011042).
5. Долгарев А.В. Вторичные сырьевые ресурсы в производстве строительных материалов / Долгарев А.В. – М. : Стройиздат, 1990. – 456 с. – (Физико-химический анализ : Справ. пособие).
6. Пирогов Н. Л. Вторичные ресурсы: эффективность, опыт, перспективы / Пирогов Н. Л., Сушон С. П., Завалко А. Г. – М. : Экономика, 1987. – 199 с.
7. Вознесенский В. А. Экспериментально-статистическое моделирование и оптимизация в материаловедении / В.А. Вознесенский. – К., 1993. – 16 с.
8. Ермаков С. М. Математическая теория оптимального эксперимента / Ермаков С. М., Жигляевский А. А. — М. : Наука, 1987. — 318 с.
9. Налимов В. В. Статистические методы планирования экстремальных экспериментов / Налимов В. В., Чернова Н. А. — М. : Наука, 1965. — 340 с.
10. Таблицы планов эксперимента для факторных и полиномиальных моделей / [Бродский В. З., Бродский Л. И., Голикова Т. И., Никитина Е. П., Панченко Л. А.]. — М.: Металлургия, 1982. — 752 с.
11. Будівельні матеріали. Вироби бетонні стінові дрібноштучні. Технічні умови (EN 771-3:2003, NEQ) : ДСТУ Б В.2.7-7:2008. — [Чинний від 2009-08-08]. — К. : Мінрегіонбуд України, 2009. — 52 с. — (Національний стандарт України).