

УДК 661.634

**В. П. Ковальский, А. В. Бондарь, В. П. Бурлаков**

**МИНЕРАЛЬНЫЕ ВЯЖУЩИЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОМЫШЛЕННЫХ  
ОТХОДОВ.**

**Винницкий национальный технический университет.  
Украина, 21021, Винница, Хмельницкое шоссе ул., 95**  
E-mail: [kovalskiy.vk.vntu.edu@gmail.com](mailto:kovalskiy.vk.vntu.edu@gmail.com)

Рассмотрена возможность использования бокситового шлама для активации золы-унос и разработки нового малоклинкерного вяжущего на основе промышленных отходов. Разработан оптимальный состав комплексного вяжущего, модифицированного щелочной алюмоферритной добавкой. Определены реологические и физико-механические свойства, предложенного вяжущего, которые соответствуют строительным нормам.

**Ключевые слова:** минеральные вяжущие; промышленные отходы; зола-унос; бокситовый шлам; физико-механические свойства.

**V. P. Kovalskyi, A.V. Bondar, V. P. Burlakov**

**MINERAL BINDERS USING INDUSTRIAL WASTES**

**Vinnytsia National Technical University**  
**Ukraine, 21021, Vinnytsia, Khmelnytsky highway, 95**  
E-mail: [kovalskiy.vk.vntu.edu@gmail.com](mailto:kovalskiy.vk.vntu.edu@gmail.com)

The possibility of using bauxite sludge for activation of fly ash and development of a new maloclinic binder based on industrial wastes is considered. The optimum composition of complex astringent, modified with alkaline alumina-ferrite additive, was developed. The rheological and physicommechanical properties of the proposed binder have been determined, which correspond to building codes.

**Keywords:** mineral binders; industrial waste; fly ash; bauxite sludge; physical and mechanical properties.

На данном этапе развитие строительной отрасли зависит от уровня решения взаимосвязанных проблем по ресурсо- и энергосбережению. Рост цены на электроэнергию в значительной степени повышает стоимость строительных материалов и изделий. Одним из направлений снижения их расходов является снижение стоимости энергопотребления компонентов путем использования отходов энергетической промышленности (золы-унос) и цветной металлургии (бокситового шлама) [1,3]. Использование этих отходов целесообразно как с экономической так и с экологической точки зрения, потому что представляется возможность освободить значительные территории земли от накопленных отвалов вредных промышленных отходов и снизить затраты на их хранение и техническое обслуживание.

В Украине, с 1,5 млрд. тонн природных ресурсов, используемых в производстве ежегодно, большая его часть идет в отходы [4]. Количество накопившихся твердых отходов энергетической, металлургической и других отраслей промышленности превышает 17 млрд. т и ежегодно увеличивается на 1 млрд. т.

Среди известных технологий производства строительных материалов с использованием техногенных отходов отсутствуют комплексные подходы, которые сочетают в технологическом цикле несколько разновидностей техногенных продуктов [5,6].

В мировой и отечественной практике исследовано и разработано много различных составов малоклинкерных вяжущих на основе промышленных отходов, однако их свойства и экономические показатели, не всегда полностью отвечают современным требованиям. Это обуславливает необходимость создания новых составов минеральных вяжущих преимущественно из промышленных отходов, используя их свойства и состав, как инструмент для повышения качества прохождения процессов структурообразования и свойств вяжущих.

**Целью** исследования является определение возможности использования бокситового шлама, для активации золы-унос и разработки нового малоклинкерного вяжущего, на основе промышленных отходов, с заданными физико-механическими свойствами.

#### **Материалы и методы**

**Предмет** исследования – закономерности формирования физико-механических свойств малоклинкерных минеральных вяжущих при механохимической активации отходов промышленности.

**Объект** исследования – малоклинкерные минеральные вяжущие из отходов промышленности.

**Результаты.** Одним из практических путей обновления базы строительной индустрии с минимальными затратами является организация производства строительных материалов с

максимальным использованием техногенного сырья и внедрение эффективных технологий активации компонентов цементных композиций [7].

Бокситовый шлак характеризуется постоянным химическим составом, содержание оксидов в составе красного шлама приведено в (табл. 1)

Таблица 1

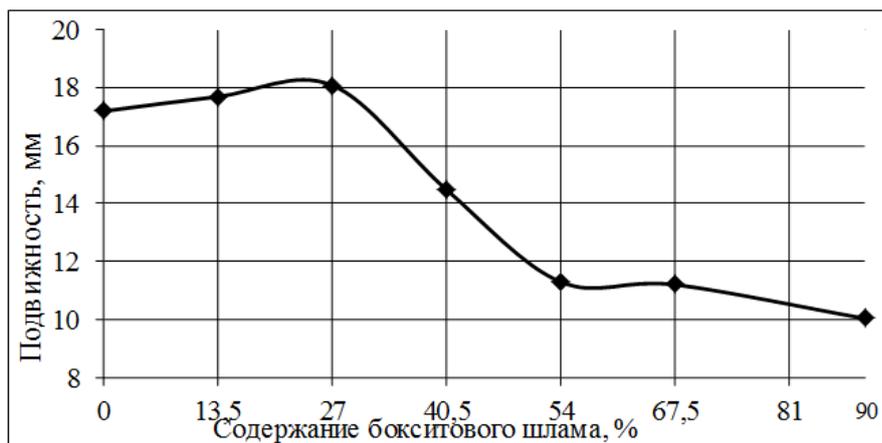
**Содержимое оксидов в составе бокситового шлама**

Оксиды	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Ca	Na <sub>2</sub> O+ K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	п.п.п.
массовая судьба оксидов, %	9,5-11,1	4,4-5,6	17,0-19,0	39,0-43,0	7,6-9,5	6,2- 6,9	0,2- 0,3	0,2-0,25	7,9-10,5

Минералогический состав бокситового шлама представлен в основном соединениями железа: гематитом и гетитом, а также гидрогранатами и гидроалюмосиликатами натрия [2,4].

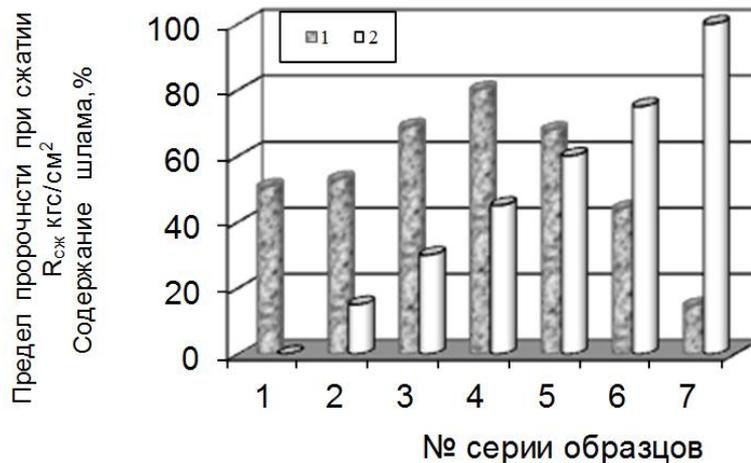
Для детальной проверки рабочей гипотезы, по повышению эффективности гидравлического потенциала золы-уноса за счет введения бокситового шлама как щелочного микронаполнителя, было изготовлено семь серий образцов размерами 4×4×16 см с различным содержанием красного шлама. Содержание портландцемента, В/Т отношение и условия твердения были постоянными.

Показатели химического разрушения поверхности частиц золы-уноса бокситовым шламом оценивали по консистенции смесей, которая определялась с помощью встряхивающего столика и по максимальному пределу прочности при сжатии половинок балочек. Результаты проведенных исследований показаны на рис. 1



**Рис. 1.** Влияние бокситового шлама на подвижность комплексного вяжущего

Для подтверждения положительного влияния бокситового шлама на разрушение стекловидной поверхности и повышения вяжущих свойств золы-уноса нами была установлена зависимость прочности вяжущего от соотношения золы-уноса и бокситового шлама. Результаты исследований отображены на (рис. 2).



**Рис. 2.** Зависимость предела прочности от содержания бокситового шлама: 1 - предел прочности при сжатии; 2 - содержание бокситового шлама

По результатам исследований (рис. 2) установлено, что рост прочности наблюдается при замене золы бокситовым шламом на промежутке от 13,5% до 40,5% и в общем составляет примерно 58%.

**Выводы.** В результате проведенных исследований получены оптимальные значения состава комплексного вяжущего, модифицированного щелочной алюмоферритной добавкой: расходы золы-уноса составляют 52,6%, красного шлама 37,4% и портландцемента 10%.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ковальский В. П. Методы активации золы уноса ТЕС / В. П. Ковальский, О. С. Сідлак // Вісник Сумського національного аграрного університету. – 2014. – № 10(18). – С. 47-49.
2. Ковальський В. П. Композиційні в'яжучі речовини на основі відходів промисловості [Електронний ресурс] / В. П. Ковальський, Т. Г. Шулік, В. П. Бурлаков // Матеріали XLVII науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, Вінниця, 14-23 березня 2018 р. - Електрон. текст. дані. - 2018. - Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2018/paper/view/5035/4128>
3. Ковальский В. П. Применения красного бокситового шлама в производстве строительных материалов / В. П. Ковальский // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. – 2005. – № 1(49). – С. 55-60.
4. Ковальський В. П. Комплексне золоцементне в'яжуче, модифіковане лужною алюмоферритною добавкою: монографія / В. П. Ковальський, В. П. Очеретний. – Вінниця : ВНТУ, 2010. – 98 с. - ISBN 978-966-641-338-6.
5. Лемешев, М. С. Дрібнозернистий бетон з модифікованим заповнювачем техногенного походження / М. С. Лемешев, О. В. Христинч, О. В. Березюк // Матеріалу XI

Międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji «Naukowa przestrzeń Europy – 2015». – Przemysł (Poland) : Nauka i studia, 2015. – Vol. 23 : Ekologia. Geografia i geologia. Budownictwo i architektura. Chemia i chemiczne technologie. – S. 56-58.

6. *Лемешев, М. С.* Легкі бетони отримані на основі відходів промисловості / М. С. Лемешев, О. В. Березюк // Сборник научных трудов SWorld. – Иваново: МАРКОВА АД, 2015. – № 1 (38). Т. 13. – С. 111-114.
7. *Очеретний В. П.* Нове в технології виробництва цементно-карбонатних будівельних виробів з використанням промислових відходів / В. П. Очеретний, В. П. Ковальський, М. П. Машницький // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. - 2008. - № 5. - С. 33-36.

#### **Короткая информация об авторе.**

##### **Ковальський Віктор Павлович, к.т.н., доцент.**

Доцент кафедри строительства, городского хозяйства и архитектуры.

**Специализация:** использование промышленных отходов в строительстве.

E-mail: [kovalskiy.vk.vntu.edu@gmail.com](mailto:kovalskiy.vk.vntu.edu@gmail.com).

##### **Kovalsky V. P. PhD (Engineering)**

Associate Professor of the Department of Construction, Municipal Economy and Architecture..

**Specialization:** use of industrial waste in construction.

E-mail: [kovalskiy.vk.vntu.edu@gmail.com](mailto:kovalskiy.vk.vntu.edu@gmail.com).

##### **Бондарь Алёна Васильевна – ассистент.**

**Специализация:** использование промышленных отходов в строительстве.

E-mail: [alichka.vin@i.ua](mailto:alichka.vin@i.ua)

##### **Bondar A. V. – assistant.**

**Specialization:** use of industrial waste in construction.

E-mail: [alichka.vin@i.ua](mailto:alichka.vin@i.ua)

##### **Бурлаков Виктор Петрович - аспирант**

**Специализация:** использование промышленных отходов в строительстве.

E-mail: [viktorburlakov9@gmail.com](mailto:viktorburlakov9@gmail.com).

##### **Burlakov V. P. – postgraduate**

**Specialization:** use of industrial waste in construction.

E-mail: [viktorburlakov9@gmail.com](mailto:viktorburlakov9@gmail.com).