

УДК 691.5

## ИЗВЕСТЬ КАК УСКОРИТЕЛЬ ТВЕРДЕНИЯ ГЕОПОЛИМЕРНОГО ВЯЖУЩЕГО НА ОСНОВЕ ТОРФОДРЕВЕСНОЙ ЗОЛЫ

**В.В. ДЕРУГИН, Е.А. РАЗУЕВА**

(Представлено: канд. техн. наук, доц. Л.М. ПАРФЕНОВА)

*Рассмотрено влияние гидратной извести на прочность на сжатие геополимерного вяжущего на основе торфодревеснойзолы. Показано, что при дозировке 5% от массы золы гидратная известь повышает прочность геополимерного камня в 1,76 раза.*

К наиболее перспективным вяжущим, которые рассматриваются рядом исследователей [1–4] в качестве ресурсо- и энергосберегающей альтернативы портландцемента, сегодня относят геополимерные вяжущие. В сравнении с портландцементом можно отметить следующие преимущества этой группы вяжущих: возможность использования в их производстве промышленных отходов – шлаков, зол, шламов, отходов обогащения полезных ископаемых; материалы на основе геополимерных вяжущих в ряде случаев имеют более высокую коррозионную стойкость и долговечность [1, 2]. Получают геополимеры путем растворения и реакций поликонденсации между реакционноспособным алюмосиликатным материалом и щелочным раствором. В работе [2] процесс геополимеризации рассмотрен на примере твердого материала летучей золы в щелочном растворе. Отмечается, что геополимеризация включает три последовательно протекающих кинетических процесса: стадия 1 – растворение, стадия 2 – диффузия через пористый слой и стадия 3 – диффузия через плотный слой. Авторы изобретения [2] считают, что высокой механической прочностью (например, прочности на сжатие) геополимерного изделия можно достигать путем регулирования составов, включая дополнительно ускорители гелеобразования, ускорители твердения. В качестве ускорителей твердения могут применяться обогащенные кальцием пуццолановые материалы, такие как силикаты кальция и алюминаты кальция, которые являются главными ингредиентами в портландцементе (например, C2S, C3S, C3A), гидроксид кальция, или гашеная известь, реакционноспособный оксид магния или гидроксид магния, гипс и родственные соединения.

В данной работе в качестве алюмосиликатного сырья применялись золошлаковые отходы Белорусской ГРЭС, полученные при сжигании торфо-древесной топливной смеси. Для проведения экспериментов выбран ресурсосберегающий способ подготовки золошлаковой смеси, исключая дополнительный помол. Золошлаковую смесь просеивали и использовали фракцию, прошедшую через сито № 008 (далее – зола). Торфо-древесная зола Белорусской ГРЭС характеризуется следующими показателями: насыпная плотность 960 кг/м<sup>3</sup>; истинная плотность 2300 кг/м<sup>3</sup>; нормальная густота 32,5%; удельная поверхность 200 м<sup>2</sup>/кг; влажность 6 %. Химический состав торфо-древесной золошлаковой смеси (мас.%) представлен в таблице 1.

Таблица 1. – Химический состав торфо-древесной золошлаковой смеси Белорусской ГРЭС (мас.%)

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>3</sub>	ппп
87,62	4,39	1,08	3,08	0,55	0,61	1,79	0,24	0,19	<0,10	0,07

Ранее проведенные исследования показали, что при взаимодействии низкокальциевой торфо-древесной золы Белорусской ГРЭС и щелочного раствора гидроксида натрия Na(OH), прочность на сжатие геополимерного камня составляет 5,33МПа. Для повышения прочности на сжатие геополимерного камня было решено в состав геополимерной композиции ввести ускоритель твердения, в качестве которого использовалась известь строительная гидратная без добавок, сорт второй по ГОСТ 9179-77 ОАО «Красносельскстройматериалы».

По химическому составу зола Белорусской ГРЭС сопоставима с микрокремнеземом, который содержит 90–92% SiO<sub>2</sub>. В исследованиях [3, 4] отмечается, что реакция микрокремнезема с известью происходит очень быстро, что вызывает образование большого слоя гидратированного диоксида кремния. Этот слой является нестабильным и быстро превращается в гидрат силиката кальция CSH геля. Из-за высокой реакционной способности частиц микрокремнезема, свободная известь исчезает между 7 и 28 дней периода твердения. CSH гель, образованный в этой реакции, является гораздо более кристаллическим, чем CSH гель, образованный в результате гидратации портландцемента [3, 4]. Таким образом можно предположить, что при правильно подобранной дозировке, введение извести позволит повысить прочность на сжатие геополимерного камня.

Эксперименты проводились при водозольном отношении 0,33, в качестве активатора использовал-

ся гидроксид натрия, дозировка извести составляла 5%, 10% и 15% от массы золы. Из полученной пластичной массы формовали образцы кубиков с размером ребра 20 мм. Образцы помещали в сушильный шкаф SNOL, где они твердели в течение 24 часов при температуре 80 °С, затем температура повышалась до 100 °С и процесс продолжался ещё 48 часов. Прочность образцов на сжатие определяли через 72 часа после температурной обработки. Испытания образцов на сжатие осуществлялись на испытательном прессе ПГМ-500МГ 4А. Полученные результаты представлены на рисунке 1.

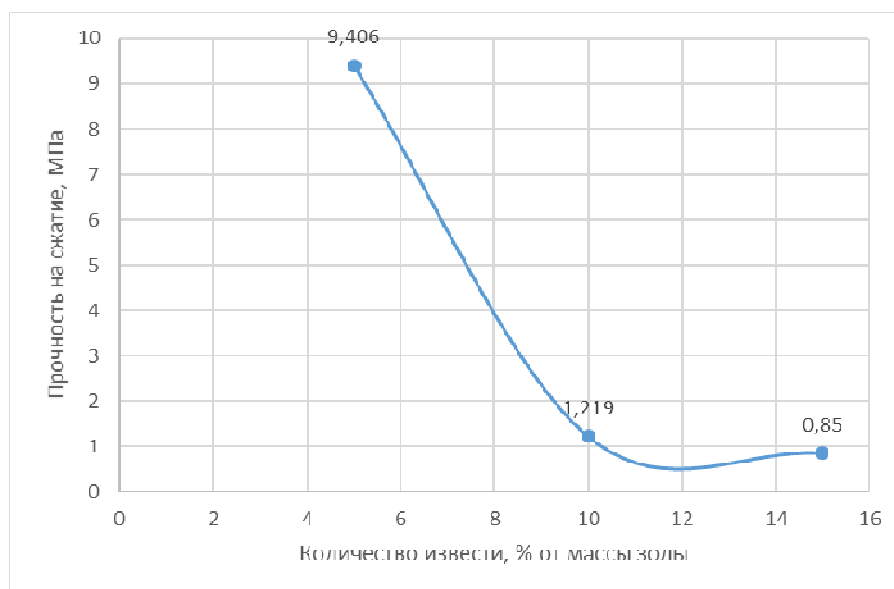


Рисунок 1. – График зависимости прочности образца от процентного содержания извести

Экспериментально установлено, что введение в геополимерную композицию гидратной извести, в количестве 5% от массы золы, приводит к повышению прочности на сжатие геополимерного камня в 1,76 раза по сравнению с прочностью образцов без извести и составляет  $R_{сж} = 9,4$  МПа. Дальнейшее увеличение дозировки до 10% и 15% от массы золы приводит к снижению прочности в 4,37 и 6,27 раза соответственно, что может быть вызвано повышением содержания оксида кальция, сокращением времени схватывания и, как следствие, образованием дефектной структуры при твердении в воздушно-сухих условиях.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ерошкина Н.А., Коровкин М.О., Тымчук Е.И. Выбор модифицирующих добавок для геополимерного вяжущего на основе магматических горных пород // Современные научные исследования и инновации. 2014. №11. Ч.1 [Электронный ресурс]. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2014/11/40897> (дата обращения: 27.09.2019).
2. Геополимерные композиционные связующие с заданными характеристиками для цемента и бетона; патент RU№2517729 / Пег Ян, Гон Вэйлян, Лутце Вернер; заявитель ТЕ КАТОЛИК ЮНИВЕРСИТИ ОВ АМЕРИКА; заявл.: 21.01.10; опубл.: 27.05.2014.
3. Adriano, P., A. Santos Silva, R. Veiga, J. Mirão, and A. E. Candeias. "Microscopic characterisation of old mortars from the Santa Maria Church in Évora." *Materials Characterization* 60, no. 7 (2009): 610-620.
4. Ramezaniapour, Ali Akbar. *Cement replacement materials: properties, durability, sustainability*. SpringerScience&BusinessMedia, 2013.