

61 МПа на сжатие, 33 МПа на изгиб, что соизмеримо с прочностью родной человеческой кости. Также довольно малый угол смачивания  $43,2^\circ$  позволяет судить о хорошей приживаемости имплантата и его положительном поведении в будущих опытах *in vivo*.

Для более точного понимания свойств конечного материала и потенциального применения в реконструктивной медицине, необходимо дальнейшее проведение биологических испытаний.

#### Литература

1. Баринов С.М. Керамические и композитные материалы на основе фосфатов кальция для медицины // Успехи химии. – 2010. – Т. 79(1). – С. 15 – 32.
2. Манцуоров А.А., Гороховский А.В., Бурмистров И.Н., Третьяченко Е.В. Строение и свойства биосовместимых поверхностных слоев, полученных при химической обработке титановых имплантов // Фундаментальные исследования. – 2014. – №11-2. – С. 311 – 315.
3. Попков А.В. Биосовместимые имплантаты в травматологии и ортопедии (Обзор литературы) // Гений ортопедии. – 2014. – №3 – С.94 – 99.
4. Торопков Н.Е., Верещагин В.И., Петровская Т.С., Антонкин Н.С. Синтез гидроксиапатита для биоактивных материалов // Новые технологии создания и применения биокерамики в восстановительной медицине, материалы IV международной научно-практической конференции. –Томск, 2016. – С. 130 – 134.
5. Путляев В. И., Сафронова Т. В. Новое поколение кальций-фосфатных биоматериалов: роль фазового и химического составов // Стекло и керамика. – 2006. – № 3. – С. 30 – 33.
6. Буланов Е.Н. Получение и исследование наноструктурированных биосовместимых материалов на основе гидроксиапатита. – Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2012. – 103 с.

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗОЛЫ-УНОСА ТЭС В ПРОИЗВОДСТВЕ ЦЕМЕНТА – ПУТЬ СБЕРЕЖЕНИЯ ЕСТЕСТВЕННЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ

Ж.О. Тохиров

Научный руководитель доцент Д.Ш. Кадырова

Ташкентский архитектурно-строительный институт, г.Ташкент, Республика Узбекистан

Реализация комплексной целевой программы по использованию отходов промышленности и охраны окружающей среды соответствует решению экономических проблем, выдвинутых правительством Республики Узбекистан на ближайшие годы.

Одним из трудо-, энерго- и ресурсоемких производств является технология производства строительных материалов [1-4], в частности цементных. При получении добавочных цементов используются минеральные добавки естественного и техногенного происхождения. Использование отходов промышленности в производстве цемента дает возможность экономии естественных минеральных сырьевых ресурсов.

В связи с этим наши исследования были посвящены вопросу использования отходов энергетической промышленности (зола-уноса тепловых электростанций) в производстве цементного вяжущего.

Результаты многолетних теоретических и экспериментальных исследований показывают, что минеральная часть золы-уноса обладает многими ценными свойствами, как например, пластифицирующими, пуццолановыми. Кроме того, для его использования не требуется дополнительных механических усилий, так как зола представляет собой тонкодисперсную систему. Зола-уноса является полиминеральным материалом, в его составе имеются различные минералы, такие как дегидратированные глинистые вещества, соединения кальция, магния и др. Нами для исследования была выбрана зола-унос Ново-Ангренской ТЭС. Удельная поверхность золы уноса  $3500 \text{ см}^2/\text{г}$ , содержание стекло-фазы – 68–86 % глинистых веществ – до 20–25 %, кристаллическая фаза представлена частичным содержанием кварца. Элементный состав золы-уноса приведен в таблице 1.

Таблица 1

Элементный состав золы-уноса

№	Результаты спектрального анализа	
1	Кремний	30,05%
2	Алюминий	18,4%
3	Кальций	18,3%
4	Натрий	2%
5	Железо	15,3%
6	Магний	4,15%
7	Барий	0,4%
8	Стронций	0,03%
9	Марганец	0,1%
10	Титан	0,3%
11	Хром	0,002%
12	Серебро	0,0002%

**СЕКЦИЯ 15. КОМПЛЕКСНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ  
МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ**

<i>Продолжение таблицы 1</i>		
№	Результаты спектрального анализа	
13	Медь	0,008%
14	Палладий	0,04%
15	Цинк	0,02%
16	Никель	0,006%
17	Кобальт	0,002%
18	Бериллий	0,0007%
19	Литий	0,004
20	Потери при прокаливании	4,3%

В работах многих ученых нашей республики рекомендовано применять золу как заменитель части вяжущего в количестве золы 10–15 %, в бетонах марок 200 – 400 без ухудшения удобоукладываемости и прочности. Вяжущие вещества при твердении должны характеризоваться равномерного изменение объема. При неравномерном изменении объема цемента могут появиться трещины в твердеющем цементном камне, если имеются избыточные количества свободных окисей кальция или магния. Кроме этого, цементы с неравномерными изменения объема приводит не только к снижению прочности бетонов при их твердении, но даже к их разрушению. Содержание свободной окиси кальция в цементе не должно превышать 1% в соответствии с действующим стандартом. При избыточном количестве её отрицательное влияние легко определяется по поведению цементных лепешек при их пропаривании в пропарочной камере. Отсутствие на образцах радиальных доходящих до краев трещин или сетки мелких трещин, видимых невооруженным глазом, является свидетельством равномерного изменения объёма цементного камня.

Для выявления золы-уноса на равномерность объема цемента были проведены лабораторные испытания. Золу в цемент вводили в количестве от 5 % до 20 % от массы вяжущего. Из готового теста отвесили 6 образцов по 75 г. каждая в виде шариков, которые встряхивали до момента расплывания шариков в лепешку диаметром 7-8 см, толщиной в середине около 1 см. Приготовленные образцы хранили 24±2 часа от момента изготовления в ванне с гидравлическим затвором. Замеры размера образцов проводились через 24 часов, после тепловлажностной обработки и через 28 суток в камере нормального твердения (табл.2).

**Таблица 2**

**Испытание образцов на неравномерность изменения объема**

№	Состав	Размеры образцов, см			
		Свеже отфор.	24 суток твердения	После тепловой обработки	28 суток норм твердения
1	Цемент – 320 гр.	6,9×7,0	6,8×6,9	6,7×7,0	6,9×7,0
2	Зола – 80 гр.	7,1×7,2	7,1×6,9	7,1×6,8	7,0×7,1
3	Вода – 100 мл.	7,4×7,5	7,4×7,2	7,4×7,0	7,2×7,5
4	В/Ц – 0,25	7,0×7,1	7,3×7,1	7,2×7,5	7,2×7,5
5		7,0×7,2	7,3×7,1	7,1×7,3	7,2×7,0
6		7,0×7,2	7,3×7,1	7,1×6,9	7,1×7,3

Анализ результатов испытаний показывает, что существенных объемных изменений не наблюдается вся всех сроков независимо от вида хранения, при визуальном осмотре радиальных трещин, каких либо искривлений или увеличения объема образцов не наблюдалось. Следовательно, наличие свободных СаО и MgO в исследуемых составах находится в пределах допустимого предела.

Вторым этапом исследования явилось влияние золы уноса на прочность цемента. Для этого были изготовлены балочки размерами 4×4×16 см из золацементных вяжущих. Соотношение Ц:П составляло 1:3. Для сравнения прочностных показателей были изготовлены также образцы без золы-уноса. Испытания образцов на изгиб и сжатие проводили через 24 часа от момента формования, после тепловой обработки и через 28 суток нормального твердения, результаты испытания приведены в таблице 3.

**Таблица 3**

**Прочностные показатели исследуемых составов**

№	Составы			Прочность в 28 суточном возрасте, МПа	
	Цемент, г	Зола, %	Вода, мл	$R_{изг}$	$R_{сж}$
1	400	0	100	12	48
2	380	5	100	12	40
3	360	10	96	12	39
4	340	15	92	10	36
5	320	20	88	9	34

По результатам исследований можно сделать вывод, что введение золы-уноса в цемент в количестве 10 % не понижает марку вяжущего. Использование золы-уноса в составе цемента приводит к экономии портландцементного клинкера, сбережению естественных минеральных ресурсов и улучшению экологии в данном регионе.

Таким образом, результатами лабораторных исследований была установлена возможность использования золы-уноса Ново-Ангренской ТЭС в составе цемента. При этом добавление золы-уноса Ново-Ангренской ТЭС в количестве более 10 % приводит к понижению марки цемента. Комплексными лабораторными исследованиями было установлено, что оптимальное количество золы-уноса в составе вяжущего составляет 5-10 %.

#### Литература

1. Баженов П.И. Комплексное использование минерального сырья для производства строительных материалов. – М., Госстройиздат, 1963.
2. Бутт Ю.И., Тимашев В.В. Портландцемент. – М., Стройиздат, 1974.
3. Буров Ю.С., Колокольников В.С., Лабораторный практикум по курсу «Минеральные вяжущие вещества». – М., Стройиздат 1974.
4. Волженский А.В., Буров Ю.С., Колокольников В.С. Минеральные вяжущие вещества. – М., Стройиздат, 197 с.

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИДРОМАГНЕЗИТОВОЙ ПОРОДЫ В ТЕХНОЛОГИИ МАГНЕЗИАЛЬНЫХ ВЯЖУЩИХ

П.В. Фатеев

Научный руководитель доцент Н.А. Митина

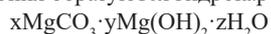
Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Технология магнезиальных вяжущих материалов предполагает в классическом варианте использование в качестве жидкости затворения растворов солей магния – хлоридов и сульфатов магния. При использовании указанных жидкостей основными продуктами гидратации являются гидроксид магния  $Mg(OH)_2$  и гидрооксихлориды магния или гидрооксисульфаты магния [1]. Эти вещества способствуют формированию прочного структурного каркаса магнезиальных материалов, прочность которых превышает 60 МПа. Однако, продукты твердения способны растворяться в воде, кроме гидроксида магния. Поэтому магнезиальное вяжущее относят к классу воздушных вяжущих веществ, то есть способное твердеть и эксплуатироваться только в воздушно-сухих условиях, а материалы и изделия на основе магнезиального вяжущего обладают низкой водостойкостью не превышающей 0,5-0,7.

Повышение водостойкости изделий на основе магнезиального вяжущего является основной задачей исследований и разработок технологии магнезиальных вяжущих и изделий на их основе. До настоящего времени увеличение значений коэффициента водостойкости было связано с корректировкой состава минеральной части вяжущего [2], условиями обжига магнезитов [3] и использованием различных минеральных и химических добавок [4]. Модифицирование порошковой составляющей магнезиального вяжущего, основой которого остается каустический магнезиальный порошок, дает незначительный прирост значений водостойкости, так как в качестве жидкости затворения неизменно используются растворы солей магния, хлориды магния и сульфаты магния. При взаимодействии данных растворов с каустическим магнезитом без добавок или с модифицирующими добавками образуют в продуктах твердения водорастворимые соединения, не позволяющие создать водостойкую композицию.

Поэтому для повышения водостойкости магнезиальных материалов необходимо модифицировать или заменять жидкость затворения магнезиального вяжущего. Предварительными исследованиями учеными Томского политехнического университета [5] установлена возможность замены традиционной жидкости затворения растворов хлоридов или сульфатов магния на принципиально новую жидкость затворения – водный раствор бикарбоната магния  $Mg(HCO_3)_2$ .

В результате взаимодействия каустического магнезиального порошка с водным раствором бикарбоната магния образуются гидрокарбонаты магния с общей формулой



а также брусит  $Mg(OH)_2$  и

магнезит  $MgCO_3$ .

Вид гидрокарбонатной кристаллической фазы магния в продуктах гидратации зависит от условий и времени гидратации и режима последующей термической обработки материала. Как правило, в начальный период времени образуются столбчатые кристаллы несквигонита



которые в дальнейшем перекристаллизуются с образованием пластинчатых более мелких кристаллов гидромагнезита  $Mg_5(CO_3)_4(OH)_2 \cdot 4H_2O$

