



УДК 691-405.8

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗОЛЫ КЫЗЫЛОРДИНСКОЙ ТЭС ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПОРИСТЫХ КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

INVESTIGATION OF THE ASH OF THE KYZYLORDA THERMAL POWER PLANT FOR THE PRODUCTION OF POROUS CERAMIC MATERIALS

Удербаяев Сакен Сейткановичдоктор технических наук,
Кызылординский университет имени Коркыт Ата**Хамит Айгерим Нагикызы**докторант,
Кызылординский университет имени Коркыт Ата
khamit_an@mail.ru

Аннотация. Проведены исследования основных потребительских свойств золы отечественной тепловой электростанции, выделены основные способы применения золы для производства бетонов, строительных растворов и сухих строительных смесей.

Сделан анализ текущего состояния нормативной базы РК, затрагивающей вопросы применения золы ТЭС для производства бетонов, строительных растворов и сухих строительных смесей.

Ключевые слова: золошлаковые материалы, зола, строительные материалы, химические и физико-механические составы, добавки в бетон, портландцемент, строение и свойства золошлаковых материалов, добавки в бетон, тепловая электростанция.

Uderbayev Saken SeitkanovichDoctor of Technical Sciences,
Kyzylorda University after named Korkyt Ata**Khamit Aigerim Nagikyzy**Doctoral Student,
Kyzylorda University after named Korkyt Ata
khamit_an@mail.ru

Annotation. Studies of the main consumer properties of fly ash of the domestic thermal power plant have been carried out, the main methods of using fly ash for the production of concretes, mortars and dry building mixes have been identified. The analysis of the current state of the regulatory framework of the Republic of Kazakhstan concerning the use of ash removal of thermal power plants for the production of concrete, mortars and dry building mixes is made.

Keywords: ash and slag materials, fly ash construction materials, chemical and physico-mechanical compositions, additives in concrete, Portland cement, structure and properties of ash and slag materials, additives in concrete, thermal power plant

Развитие теплоэнергетики сопровождается выходом больших количеств золошлаковых отходов, накопление которых создает серьезные экологические проблемы. Важнейшим условием охраны окружающей среды является рациональное комплексное использование природных ресурсов, требующие практических мер по массовому применению отходов. Большие возможности в решении этой экономической и социальной задачи имеет промышленность строительных материалов.

Отечественный опыт использования зол и золошлаков теплоэлектростанций показывает, что эти промышленные отходы могут служить постоянным источником сырья для изготовления строительных материалов и конструкций.

Наиболее распространенными и в меньшей степени повторно используемыми отходами промышленности являются золошлаковые отходы (далее ЗШО) ТЭС. Данные материалы представляют собой ценные ресурсы техногенного происхождения, которые могут успешно применяться в различных областях народного хозяйства Казахстана [1].

ЗШО – это минеральный остаток, образующийся в результате сжигания на ТЭС природного твердого топлива (уголь, горючий сланец и др.), состоящий из золы и топливного шлака. Эти два материала имеют различный химический состав и различные физико-механические свойства, вследствие чего различаются и области их применения. Несомненным остается тот факт, что эти материалы при правильно организованном обращении с ними могут с высокой эффективностью применяться в промышленности и сельском хозяйстве Казахстана, внося весомый вклад в решение проблемы ресурсо- и энергосбережения.

Основными направлениями исследований золы Кызылординской тепловой электростанции является изучение возможности применения их в качестве минеральных добавок для производства бетонов, строительных растворов и сухих строительных смесей.

Применение золы сухого отбора в производстве строительных материалов – одно из наиболее перспективных направлений утилизации, так как данный вид промышленности обладает огромной материалоемкостью и обеспечит вовлечение в производственный цикл высокого объема золы [2].



В данной работе проводились исследования золы для определения:

- химического состава;
- физико-механических свойств;
- эффективной удельной активности естественных радионуклидов;
- водопотребности и активности при гидратации;
- равномерности изменения объема композиций портландцемента с золой;

Химический состав золы определялся по ГОСТ 8269.1-97 «Щебень и гравий из плотных горных пород и отходов промышленного производства для строительных работ. Методы химического анализа». Содержание СаОсв (свободного оксида кальция) определялось по ГОСТ 23227-78 «Угли бурые, каменные, антрацит, горючие сланцы и торф. Метод определения свободного оксида кальция в золе». Потери при прокаливании золы определялись по ГОСТ 11022-95 «Топливо твердое минеральное. Методы определения зольности» [3].

Химический состав (оксидный состав) золы представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав золы Кызылординской ТЭС

№	Содержание, %											общ. SO ₃
	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO	Fe ₂ O ₃	сумма	
I	0,31	1,12	17,7	46,37	0,19	0,68	2,20	0,91	0,05	3,12	100	0,78
II	0,26	0,86	16,62	45,45	0,24	0,54	1,79	0,88	0,05	2,98	99,74	1,05
III	0,34	0,97	16,62	45,62	0,21	0,70	1,66	0,94	0,05	3,41	100,03	0,74

Физико-механические свойства золы представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Физико-механические свойства золы Кызылординской ТЭС

Наименование показателя	Единица измерения	зола
Внешний вид	–	Порошок темно-серого цвета
Насыпная плотность в естественном состоянии	кг/м ³	1100+/-50
Истинная плотность зерен	кг/м ³	2850+/-50
Остаток на сите 008	%	0,82
Остаток на сите 004	%	0,63
Удельная поверхность	м ² /кг	300–350

Все исследуемые в работе золы при испытании их по ГОСТ 30108-94 «Материалы и изделия строительные. Определение удельной эффективной активности естественных радионуклидов» показали значение удельной эффективной активности естественных радионуклидов менее 370 Бк/кг, что соответствует первому классу и позволяет использовать данные материалы для всех видов строительства [4].

Определение равномерности изменения объема композиции портландцемента с золой проводилось по методике СТ РК EN 450-1-2020 «Летучая зола для бетона. Часть 1. Определение, технические характеристики и критерии соответствия» и в соответствии с требованиями ГОСТ 310.3-76 «Цементы. Методы определения нормальной густоты, сроков схватывания и равномерности изменения объема» и ГОСТ 30744-2001 «Цементы. Методы испытаний с использованием полифракционного песка». При проведении испытаний содержание золы в композициях с портландцементом выбиралось исходя из оценки химического состава каждой золы. Результаты испытания равномерности изменения объема композиций представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Равномерность изменения объема композиции портландцемента и золы Кызылординской ТЭС

Вид композиции	Равномерность изменения объема композиции	
	Оценка лепешки по ГОСТ 310.3-76	Расширение образца по ГОСТ 30744-2001
Контрольный состав Цемент – 100 %	лепешки выдержали испытание	0 мм
Цемент – 80 % по массе + зола «Кызылординской ТЭС» – 20 % по массе	лепешки выдержали испытание	3,0 мм

Определение водопотребности композиций портландцемента с золой проводилось по методике СТ РК EN 450-1-2020 «Летучая зола для бетона. Часть 1. Определение, технические характеристики и критерии соответствия» [5].



Результаты определения водопотребности композиций представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Водопотребность композиций портландцемента и золы Кызылординской ТЭС

Вид композиции	Водопотребность композиций, %
Контрольный состав Цемент – 100 %	100
Цемент – 70 % по массе + зола «Кызылординской ТЭС» – 30 % по массе	93

Определение активности золы проводилось по методике СТ РК EN 450-1-2020 «Летучая зола для бетона. Часть 1. Определение, технические характеристики и критерии соответствия». Сущность методики заключается в том, чтобы сравнить прочность при сжатии и изгибе строительных растворов в возрасте 28 суток, изготовленных из портландцемента прочностью 42,5 (контрольный состав) с прочностью при сжатии и изгибе строительных растворов, изготовленных из портландцемента в количестве 80 % и золы в количестве 20 % вяжущего по массе.

При анализе результатов испытаний, представленных в таблицах 1–4 можно отметить следующее:

- по химическому составу золы являются основными (высококальциевыми) с высоким содержанием СаО
- по показателю удельной поверхности и остатку на сите 008, золы Кызылординской ТЭС относятся к I–IV видам по ГОСТ 25818-91 «Золы-уноса тепловых электростанций для бетонов. Технические условия»
- по удельной эффективной активности естественных радионуклидов исследуемая зола относится к I классу по ГОСТ 30108-94, что позволяет использовать их при производстве всех видов строительных материалов;
- по показателю равномерности изменения объема композиций портландцемента с золой, исследуемая зола соответствует требованиям СТ РК EN 450-1-2020 и вызывают незначительное или умеренное расширение цементного камня, не способное привести к снижению его прочности;

Анализ результатов исследований золы ценные продукты, которые при правильной работе с ними можно эффективно применять для производства бетонов, строительных растворов и сухих строительных смесей с целью снижения себестоимости строительных материалов и для модифицирования их свойств.

Нормативная база РК в области производства строительных материалов позволяет легитимно использовать золы ТЭС, как минеральные добавки для бетонов, строительных растворов и сухих строительных смесей, но требует совершенствования.

В зависимости от структуры и зернового состава они могут быть применимы в растворах и бетоне комплексно, как заменитель части вяжущего, микрозаполнитель, улучшающий технологические свойства бетонных и растворных смесей, и заменитель обычных инертных заполнителей.

Гидравлическая активность золы определена по поглощению извести из раствора и по прочности при сжатии растворных образцов состава 1 : 1 : 1 (цемент : зола : песок). Активность по поглощению извести составила 15–18 мг/г, предел прочности при сжатии в пределах 1,9–2,1 МПа.

Формовочные свойства зологлиняных смесей можно регулировать путем подбора зол различного фракционного состава и количества вводимой глины. Для получения керамических изделий на основе зол необходимо в качестве пластификатора добавлять глины: высокопластичные в количестве 15–20 %, среднепластичные – 25–35 %, умереннопластичные – 35–50 %, в зависимости от их числа пластичности. На основе золы и среднепластичной глины получены образцы прочностью 12,1 и 13,2 МПа. На образцах с содержанием золы следов высолов не обнаружено.

Зольная составляющая золошлаковой смеси и мелкозернистая смесь золы Кызылординской ТЭС в смеси с портландцементом при соотношении 1:1 (цемент : зола) выдерживает испытание на равномерность изменения объема при кипячении образцов в воде.

Объемная насыпная масса пробы 1 золы Кызылординской ТЭС составляет 688 кг/м³, пробы II – 623 кг/м³, пробы III – 511 кг/м³. Плотность золы составляет для проб 1, II и III, соответственно, 1,72 г/см³, 1,58 г/см³ и 1,32 г/см³.

Остаток на сите № 008 пробы I равен 63,76 %; пробы II – 72,64 %; пробы III – 74,08 %. Удельная поверхность пробы 1 золы гидроудаления Кызылординской ТЭС составляет 1483 см²/г; пробы II – 1406 см²/г; пробы III – 1395 см²/г.

Установлено, что на основе тонко- и среднедисперсной золы с добавкой от 25 до 40 % среднепластичной глины могут быть получены керамические изделия и искусственные пористые заполнители. По содержанию серы в пересчете на SO₃ (не более 2 %) и количества шлаковых включений размером более 3 мм (не более 5 %) удовлетворяет требованиям, предъявляемым к золошлаковым смесям.

По результатам химического анализа исследуемую золу Кызылординской ТЭС можно рассматривать как полукислое керамическое сырье, содержащее 16,62–17,70 % Al₂O₃.

**Литература:**

1. Омиртаев Багдаулет Отраулы. Аналитический обзор применения золы ТЭЦ в производстве бетона. Текст : непосредственный // Молодой ученый. – 2020. – № 13 (303). – С. 25–28.
2. Применение зол и золошлаковых отходов в строительстве [Электронный ресурс]. – URL : [https://engstroy.spbstu.ru/userfiles/files/2011/4\(22\)/petrosovzola.pdf?ysclid=l10vjpuny1](https://engstroy.spbstu.ru/userfiles/files/2011/4(22)/petrosovzola.pdf?ysclid=l10vjpuny1), свободный.
3. ГОСТ 8269.1-97 «Щебень и гравий из плотных горных пород и отходов промышленного производства для строительных работ. Методы химического анализа».
4. ГОСТ 30108-94 «Материалы и изделия строительные. Определение удельной эффективной активности естественных радионуклидов».
5. ГОСТ 30744-2001 «Цементы. Методы испытаний с использованием полифракционного песка».
6. СТ РК EN 450-1-2020 «Летучая зола для бетона. Часть 1. Определение, технические характеристики и критерии соответствия».

References:

1. Omirtaev Bakdaulet Otrarula. Analytical review of the use of CHP ash in the production of concrete. Text : direct // Young scientist. – 2020. – № 13 (303). – P. 25–28.
2. The use of ash and ash and slag waste in construction [Electronic resource]. – URL : [https://engstroy.spbstu.ru/userfiles/files/2011/4\(22\)/petrosovzola.pdf?ysclid=l10vjpuny1](https://engstroy.spbstu.ru/userfiles/files/2011/4(22)/petrosovzola.pdf?ysclid=l10vjpuny1), free.
3. GOST 8269.1-97 «Crushed stone and gravel from dense rocks and industrial waste for construction work. Methods of chemical analysis».
4. GOST 30108-94 «Building materials and products. Determination of the specific effective activity of natural radionuclides».
5. GOST 30744-2001 «Cements. Test methods using polyfraction sand».
6. ST RK EN 450-1-2020 «Fly ash for concrete. Part 1. Definition, technical characteristics and conformity criteria».