

## РАЦИОНАЛЬНОЕ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЕ – ПУТЬ К ПРОЦВЕТАНИЮ

*Шишелова Т.И., Самусева М.Н.*

Экологическая и экономическая целесообразность и необходимость повторного и многократного использования природных ресурсов путем вовлечения части отходов производства и потребления в хозяйственный оборот в качестве вторичного сырья (материалов) доказана многолетней практикой во многих странах мира.

Повышенный интерес к использованию вторичных материалов в развитых странах мира определяется наряду с экономическими соображениями также и жестким экологическим законодательством в отношении переработки отходов производства и потребления.

В послании президента РФ Федеральному собранию РФ от 26 апреля 2007 г. сказано, что Россия обладает крупнейшими запасами угля. Поэтому акцент должен быть сделан на увеличении доли угольной генерации нового поколения. Это в свою очередь повлечет увеличение образования отходов от сжигания угля на теплоэлектростанциях.

Угольные ТЭС преимущественно в Восточной Сибири. Использование вторичных материалов в промышленности, а именно золошлаковых материалов (ЗШМ) ТЭС, по ряду причин можно выделить в отдельную национальную программу, особенно в Сибири.

В послании президента РФ Федеральному собранию РФ от 26 апреля 2007 г. также сказано, что в стране вплотную встает вопрос о принятии долгосрочной стратегии массового строительства жилья для всех категорий граждан. А также комплекс смежных вопросов - градостроительной политики, использования энергосберегающих и ресурсосберегающих технологий, стратегии развития строительной отрасли в целом.

Золошлаковые отходы ТЭС - это твердые продукты сгорания углей, образующиеся в топке в результате термообработки исходной минеральной части топлив. Последняя на 85-95% состоит из глинистых минералов, аргиллитов, алевролитов, т.е. из тех же осадочных пород, которые составляют среду обитания человека. Остальные 5-15 % - соединения главным образом железа, кальция и микроэлементов.

Рядом исследований установлено, что из исходных минеральных компонентов при сжигании углей с кислым составом золы образуются золошлаки, состоящие из следующих компонентов:

- пороодообразующих минералов ( $C_{\text{ПО}}$ ), прошедших термическую обработку в топке котла;
- алюмосиликатов кальция ( $C_{\text{CAS}}$ ) при содержании в ЗШО кальция существенно выше, чем в почвах;
- оксидов железа ( $C_{\text{Fe}}$ ), образующихся в результате выгорания и термообработки железосодержащих минералов, которые в исходном топливе могут находиться в виде колчедана ( $\text{FeS}_2$ ), пирротина ( $\text{FeS}$ ), сидерита ( $\text{FeCO}_3$ ), лимонита ( $\text{HFeO}_2$ ) и др.;
- $\text{CaSO}_4$  - ангидрита ( $C_S$ ), который образуется в топочной камере при взаимодействии части кальция, содержащегося в золе, с серой топлива;
- углерода ( $C_C$ ), который является продуктом неполного сгорания угольного вещества;
- микроэлементов  $C_{\text{МЭ}}$ ;
- шлака  $C_{\text{ШЛ}}$  (в котлах с жидким шлакоудалением).

В топках с твердым шлакоудалением шлака образуется мало, около 5%, и вещественный состав его практически тот же, что и золы, улавливаемой в золоулавливающих устройствах. Этот шлак отличается от летучей золы в основном тем, что он более крупный, т.к. в нем присутствуют спеченные частицы золы и более тяжелые частицы вмещающих пород. Учитывая его небольшое количество, при оценке состава золошлаковых отходов от котлов с твердым шлакоудалением нет необходимости рассматривать этот шлак как самостоятельный компонент отходов.

В общем виде компонентный состав золошлаков равен:

$$C_{\text{ПО}} + C_{\text{S}} + C_{\text{CAS}} + C_{\text{C}} + C_{\text{Fe}} + C_{\text{Шл}} + C_{\text{Мз}} = 100\%$$

Объемы накопленных золошлаковых материалов соответствует крупным техногенным месторождениям, на разработку которых не нужны крупные инвестиции. Только в ОАО «Иркутскэнерго» накоплено около 80 млн. тонн, и каждый год добавляется около 1,5 млн. тонн ЗШМ.

Территориально золоотвалы располагаются в рамках муниципальных образований: Иркутск, Ангарск, Братск, Усолье-Сибирское, Саянск, Зима, Шелехов, Усть-Илимск.

Золошлаковые материалы, как правило, размещены вблизи крупных городов, где в больших количествах требуется строительные материалы.

По своему физико-химическому и агрегатному состоянию золошлаковые материалы являются уникальным ресурсом (материалом) для полезного использования в различных отраслях с получением значительных экологических эффектов.

Золошлаковые материалы (ЗШМ) могут неограниченно использоваться как добавки и наполнители при производстве широкого спектра строительных материалов: цемента, бетонов, растворов, кирпича и т.д. Они хорошо себя зарекомендовали при укладке в земляное полотно автомобильных дорог. Определенную ценность ЗШМ имеют в сельском хозяйстве при производстве удобрений. Очень перспективной является глубокая (комплексная) переработка ЗШМ.

Требования санитарии, включая радиологический аспект, ЗШМ полностью обеспечивают.

Основными углями, сжигаемыми на ТЭЦ ОАО «Иркутскэнерго» являются черемховский, жеронский каменные угли, азейский, мугунский, тулунский и ирша-бородинский бурые угли.

Состав золы и золошлаковых отходов азейского угля

Наименование показателя	A <sup>d</sup> , %	П.п.п %	Элементный состав, масс.%								
			SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>
Зола-унос min	13.4	-	46.2	0.7	20.9	11.3	9.8	3.2	0.7	0.2	7.0
Зола-унос max	26.3		52.8	1.2	31.1	5.4	3.7	1.7	1.7	0.1	2.3
ЗШС min		4.8	52.0	0.5	25.8	12.4	5.5	1.7	0.7	0.3	1.1
ЗШС max		2.6	65.3	0.6	22.8	4.8	3.7	1.0	1.1	0.5	0.2

Состав золы и золошлаковых отходов черемховского угля

Наименование показателя	A <sup>d</sup> , %	П.п.п %	Элементный состав, масс.%								
			SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>
Зола-унос черемховского угля, min	19.5	0.1	55.0	0.3	20,0	5.0	3.2	2.0	0.9	0.1	0.2
Зола-унос черемховского угля, max	34.0	1.4	61.5	0.5	24,7	7.2	2.3	1.8	1.4	0.1	0.5
ЗШС черемховского угля, min		10.9	61.6	0.5	23.5	7.0	2.7	1.8	1.4	0.1	1.4
ЗШС черемховского угля, max		9.1	63.0	0.7	23.0	5.8	3.8	2.0	1.1	0.1	0.5

Состав золошлаков от сжигания мугунского, азейского, черемховского углей

Наименование показателя	A <sup>d</sup> , %	П.п.п %	Элементный состав, масс.%								
			SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>
Зола-унос min	15.8	0.6	44.4	0.8	33.6	4.2	8.4	1.1	0.7	0.1	6.7
Зола-унос max	23.1	9.1	57.8	0.7	28.0	6.6	3.6	1.7	1.0	0.1	0.5
ЗШС min		1.2	47.5	0.3	31.4	12.3	2.0	4.6	0.4	0.2	1.3
ЗШС max		0.9	60.3	0.7	27.3	5.4	3.3	1.7	1.1	0.1	0.1

Состав золошлаков от сжигания ирша-бородинского угля

Наименование показателя	A <sup>d</sup> , %	П.п.п %	Элементный состав, масс.%								
			SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>
Зола-унос min	6.0	1.0	32.9	0.1	6.5	12.2	36.5	7,2	0.1	0,4	0.1
Зола-унос max	11.0	-	46.8	0.6	12.9	7.9	25.8	5.0	0.5	0.5	-
ЗШС min			52.4	0.4	10.8	10.0	20.4	4.6	0.5	0.2	0.7
ЗШС max			52.7	0.6	14.3	7.5	18.7	3.7	0.5	0.2	1.8

## Состав золошлаков от сжигания жеронского угля

Наименование показателя	A <sup>d</sup> , %	П.п.п %	Элементный состав, масс. %								
			SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>
Зола-унос min	19.1		54.5	1.0	25.7	6.9	4.9	1.6	0.9	0.2	4.3
Зола-унос max	22.3		58.4	0.8	26.2	5.8	4.8	2.1	1.7	0.5	-
ЗШС		5.4	55.4	1.0	21.4	6.8	10.2	2.9	0.9	0.3	1.1

ОАО «Иркутскэнерго» разработана и претворяется в жизнь целевая программа на период до 2010 г по утилизации продуктов сжигания энергетических углей.

Применение золы в качестве минеральной добавки при изготовлении бетонных и железобетонных конструкций и изделий является неотъемлемым атрибутом современной технологии бетона. Наряду с «эффектом наполнителя» зола, благодаря «шарикоподшипниковому эффекту», способствует повышению удобоукладываемости и плотности бетонной смеси, а её пуццолановые свойства способствуют дальнейшему повышению прочности и долговечности затвердевшего бетона. Посредством добавления оптимального количества золы может быть повышена прочность свежееотформованного бетона из полусухой бетонной смеси при изготовлении дорожных камней и железобетонных труб и распалубочная прочность бетона при производстве железобетонных конструкций и изделий.

При производстве бетонных изделий из легкоуплотняемого и самоуплотняющегося бетонов большое значение имеют реологические свойства золы, особенно высокая тонкость помола, выгодное фракционирование и шарообразная форма её частиц. Посредством оптимизирования золосодержащих бетонных смесей, становится возможным предложить производителям бетонных и железобетонных конструкций и изделий экономичные составы бетонов. Использование золы ведет к улучшению технических и экономических характеристик бетонных и железобетонных конструкций и изделий.

Использование добавок-модификаторов позволяет получать высокопрочные и высококачественные бетоны.

Под высокопрочными бетонами Международная организация по строительству подразумевает бетоны, имеющие прочность на сжатие в цилиндрах 60-130 МПа. Под высококачественными бетонами - бетоны с высокими эксплуатационными свойствами при водовязущем отношении менее 0,4.

Подобные бетоны широко применяются в строительстве Японии, Норвегии, США, Франции. К неотъемлемым достоинствам таких бетонов относят улучшенную удобоукладываемость, перкачиваемость и прочность.

Основные области их применения: высотное строительство, электростанции, морские гидротехнические сооружения, дорожные покрытия.

Современный зарубежный опыт производства высокопрочных бетонов показывает широкое применение тонкодисперсных комплексных органоминеральных добавок. Микрокремнезем, металлургические шлаки, зола-унос, гидроксид алюминия в комплексе с суперпластификаторами произвели переворот в технологии получения высокопрочных супербетонов. Но, несмотря на все положительные характеристики микрокремнезема, его стоимость сравнима со стоимостью самого цемента, а в зависимости от условий поставки может превышать последнюю в несколько раз. Сегодня важен поиск многотоннажных минеральных добавок, в том числе и техногенного происхождения, которые в комплексе с суперпластификаторами позволяют повысить физико-технические свойства бетонов.

В качестве модифицирующей добавки для использования в цементных топпингах (упрочненных верхних слоях в промышленных бетонных полах) используется гранулированный шлак, получаемый на ТЭЦ-6 ОАО «Иркутскэнерго» и реализуемый ЗАО «Иркутскзолотпродукт».

Актуальной является проблема строительного кирпича с улучшенными теплофизическими свойствами. Целесообразно создание производства строительного теплоизоляционного кирпича непосредственно в регионах - потребителях этой продукции.

Предпосылками к этому решению является то обстоятельство, что на тепловых электростанциях, сжигающих каменный уголь, в качестве отходов образуются материалы, которые могут служить основными сырьевыми компонентами при изготовлении строительного теплоизоляционного кирпича. К их числу относятся алюмосиликатные полые микросферы, содержащиеся в золе-уносе и накапливающиеся на гидрозолоотвалах в большом количестве, исчисляемом десятками тысяч тонн. Этого объема вполне достаточно для организации промышленного производства, которое удовлетворило бы потребности региона в изделиях, обладающих достаточно высокими теплоизоляционными свойствами. Кроме того, использование зольных отходов улучшает экологическую обстановку вблизи золоотвалов, так как микросферы, накапливающиеся на их поверхности, легко разносятся ветром на большие расстояния.

Исследования показали перспективность использования легкой фракции золы-уноса (микросфер) в качестве легких заполнителей для изготовления строительного теплоизоляционного кирпича. Летучая зола после сжигания каменного угля содержит некоторое количество пустотелых сферических частиц. Содержание полых микросфер в золе-уносе на различных ТЭС исчисляется от десятых долей процента до нескольких процентов.

Размер зольных микросфер изменяется от 50 до 400 мкм, основное содержание имеют микросферы размером 100-200 мкм. Насыпная плотность микросфер равна 320-400 кг/куб. м. Коэффициент теплопроводности при 25 0С равен 0,09-0,11 Вт/(м 0С). Цвет микросфер - светло-серый.

К примеру, содержание естественных радионуклидов в зольных микросферах ТЭЦ ОАО «Иркутскэнерго» значительно ниже предельно допустимых значений для материалов I класса по радиационному качеству, равных 370 Бк/кг - такие материалы могут использоваться в строительстве жилых и общественных зданий без каких-либо ограничений.

Технико-экономические разработки показали возможность и экономическую целесообразность организации промышленного выпуска строительного теплоизоляционного кирпича на основе зольных микросфер. Технология его изготовления

во многом совпадает с технологией производства бетонных изделий. Поэтому выпуск теплоизоляционного кирпича без больших капитальных затрат можно организовать, используя существующие производственные мощности строительной индустрии, которые в настоящее время мало загружены.

К сожалению, использование золошлаковых материалов в России (особенно в Сибири) находится на недопустимо низком уровне, хотя в стране зарегистрировано более 300 патентов на использование такого материала, разработаны десятки нормативно-технических документов и есть реальные примеры масштабного их применения за рубежом. Основными причинами такого положения дел являются низкая стоимость природных ресурсов, низкая плата за размещение отходов, недостаток во многих регионах квалифицированных технологов, неравномерность в течение года получения сухой золы уноса, имеющей более высокие качественные характеристики против гидратированной золошлаковой смеси с золоотвалов. Основной спрос на золу уноса приходится на летний строительный пик, тогда как образуется зола уноса преимущественно в зимний отопительный сезон).

Несмотря на объективные трудности, экономия 10-20% цемента можно достичь быстро и без больших инвестиций. Для этого есть все предпосылки: имеется нормативно-техническая документация, например ГОСТ 25818-91 «Зола тепловых электростанций для бетонов» ГОСТ 25592-91 «Смеси золошлаковые тепловых электростанций для бетонов», ГОСТ 25094 - 94 «Добавки активные минеральные для цементов», ВН-185-75 «Технические указания по использованию зол уноса и золошлаковых смесей от сжигания различных видов твердого топлива для сооружения земляного полотна и устройства дорожных оснований и покрытий автомобильных дорог».

Для увеличения масштабов использования золошлаковых материалов в строительной индустрии и других отраслях необходимы:

- подготовка квалифицированных кадров, так как в период кризиса в строительстве сменилось поколение технологов и технологий. В большинстве своем утерян опыт прошлых поколений в использовании золошлаковых материалов. Нужно активное участие научных учреждений в повышении квалификации технологов по бетону, производству керамического кирпича, ячеистого бетона и других материалов;
- государственная поддержка использования вторичных материалов в промышленности, система поощрения предприятий, использующих вторичные материалы. Поощрение возможно как материальное в виде налоговых льгот, предоставляемых предприятиям, выполняемым государственные заказы, так и моральное. Страна должна знать, кто помогает сохранять качественную среду обитания человека, кто наводит экологический порядок в нашем общем доме;
- использование регионального административного рычага: при отводе земли под новые карьеры инертных материалов или расширение действующих строго предусматривать технически и экономически обоснованное использование имеющихся в наличии альтернативных ресурсов - золошлаковых материалов.

---

Библиографическая ссылка

Шишелова Т.И., Самусева М.Н. РАЦИОНАЛЬНОЕ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЕ – ПУТЬ К ПРОЦВЕТАНИЮ // Успехи современного естествознания. – 2007. – № 11 – С. 77-80  
URL: [www.rae.ru/use/?section=content&op=show\\_article&article\\_id=7778513](http://www.rae.ru/use/?section=content&op=show_article&article_id=7778513) (дата обращения: 20.05.2015).