

## Раздел третий

### ОБРАЩЕНИЕ С ЗОЛОШЛАКАМИ

#### 3.7. Аналитические материалы

##### 3.7.7. Влияние законодательства на утилизацию летучей золы энергетики на опыте Индии

*А. К. Матур, NTPC Ltd., Дели, Индия*

#### АННОТАЦИЯ

Основным топливом в энергетике Индии является уголь, обеспечивающий 53 % общей выработки электроэнергии. Образование золы в прошлом году составило 130 млн т. В 1966 г. Индийское бюро стандартов (BIS) выпустило стандарты по использованию летучей золы для повышения уровня ее полезного использования. В 1976 г. также были разработаны стандарты по использованию золы в цементах. NTPC является основной энергокомпанией в стране, которая в 1991 г. организовала отдельное подразделение по утилизации золы. В 1999 г. Правительством было введено законодательство по утилизации золы, в котором прописывалось, что энергокомпании должны планировать утилизацию всей золы в течение 15 лет. Строительная промышленность должна была также использовать золу для производства строительных продуктов, дорожных насыпей, рекультивации земель и т.д. Такой закон вышел в 2003 г. Он способствовал повышению уровня утилизации золы с 30 % в 2003-2004 гг. до 55 % в 2007-2008 гг. В настоящее время предполагается включить вопрос использования золы в шахтах в законодательство с тем, чтобы помочь электростанциям, расположенным вблизи шахт, достичь поставленной цели утилизации всего количества золы.

#### ВВЕДЕНИЕ

Уголь является основным источником топлива, сжигаемого на электростанциях в большинстве стран мира. В Индии установленная мощность угольных электростанций составляет 77000 МВт (53 %), а суммарная установленная мощность - 145500 МВт. К 2012 г. планируется ввести более 60000 МВт угольных мощностей. NTPC Ltd. является единственной крупнейшей энергокомпанией в стране, имеющей суммарную установленную мощность 29894 МВт, что составляет 20 % от ранее установленной мощности. Имея эффективно работающие системы, NTPC генерирует более 29 % энергии в стране.

Кроме производства энергии, необходимой для развития страны, угольные электростанции также образуют большие количества золы, поскольку зольность угля, используемого для такого производства энергии в Индии составляет около 40%. В прошлом году образованием золы в стране составило около 130 млн т. Образование золы на угольных ТЭС NTPC составило 43 млн т.

#### РАЗВИТИЕ В РАННИЕ ПЕРИОДЫ

В 60-ые гг. в Индии началась научно-исследовательская деятельность по использованию летучей золы. В 1966 г. Индийское бюро стандартов (ИБС) выпустило требования стандартов для летучей золы в трех частях – часть 1 для использования золы в качестве пуццолана, часть 2 — как добавка при производстве бетонов и часть 3 — как легкий заполнитель в строительных растворах и бетонах. В 1976 г. ИБС выпустило отдельный стандарт по использованию ле-

тучей золы для производства пуццолановых портландцементов, и стали использовать этот материал в строительной промышленности. NTPC Ltd. также решали проблему определения способов полезной утилизации золы, кроме складирования ее на крупных золоотвалах. В 1991 г. начал работу отдельный Департамент по утилизации золы для повышения ее полезного использования. В то время уровень утилизации золы был незначительным и зола, в основном, складировалась в отвалы. После проведения тщательных исследований разных систем менеджмента золы, выполненных разными энергокомпаниями страны и за рубежом, было принято решение собирать золу в сухом виде для ее оптимального использования в цементной и бетонной промышленности из-за ее пуццолановых свойств. С целью утилизации сухой золы основная нагрузка легла на Департамент науки и технологии, Министерство энергетики и Министерство охраны окружающей среды и лесных ресурсов и энергокомпания в 1994 г. Была сформирована Миссия по проблеме летучей золы для демонстрации проектов и продвижения полезного использования золы в различных сегментах. С помощью Миссии было выполнено большое количество демонстрационных проектов, как в строительной промышленности, так и для производства строительных материалов. Эти проекты способствовали повышению доверия инженеров, заказчиков и законодателей в вопросе утилизации золы и привели к тому, что уровень полезного использования золы в стране достиг максимального. Технологии классификации золы, оборудование для сбора золы, повышение КПД ТЭС и др. способствовали получению высококачественной золы, а также продвижению ее полезного использования.

#### ГОСУДАРСТВЕННОЕ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВО

Министерство охраны окружающей среды и лесных ресурсов (MoEF) также осознавало проблемы складирования больших количества золы и начало работать над вопросами ее полезного использования. Государственное законодательство по использованию золы было разработано MoEF в 1999 г. Выполнение этих законов было обязательным для всех производителей глиняного кирпича в пределах 50 км от электростанции с обязательным использованием, по меньшей мере, 25 % золы для производства кирпича. Все электростанции должны были выполнять это законодательство, в соответствии с чем отдавать золу бесплатно всем пользователям и планировать ее 100 %-ную утилизацию в течение 15 лет. Всем новым станциям, однако, было дано всего 9 лет для планирования 100 %-ного использования золы.

## **ВЛИЯНИЕ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА**

Принятие законодательства явилось хорошим импульсом для повышения уровня использования золы в стране. С учетом необходимости наличия летучей золы в сухом виде для ее полезного использования в цементе и бетонной промышленности, многие электростанции развивали требуемую инфраструктуру для сбора летучей золы в крупных силосах, откуда можно было легко отгружать сухую золу в автотранспорт или вагоны. Возможность легкой разгрузки летучей золы из силосов и получения ее потребителями воодушевила цементную промышленность к созданию пуццолановых портландцементов из золы. Все больше производителей цемента начали делать портландцемент из летучей золы. Его производство, которое составило 21,3 млн т (22,6 %), в 1999-2000 гг. увеличилось до 111 млн т т.е., 66 % от общего производства цемента. Поскольку портландцемент из золы существенно превосходил по качеству обычный портландцемент, особенно учитывая его прочность, то строительная промышленность приняла его использование почти во всех видах строительных работ.

Многие крупные производители цемента стали делать готовые цементные смеси, что позволяет получить преимущества строительной промышленности, особенно в центрах городов и мегаполисах. Это является частью их дальнейшей интеграционной программы. Для производства таких смесей качественная зола напрямую смешивается с обычным портландцементом для получения более прочного бетона. Весь этот бетон, в котором используется портландцемент из золы или смесь летучей золы с обычным портландцементом, имеет следующие улучшенные свойства:

- (i) Сниженная теплота гидратации и, таким образом, снижение термических трещин, повышенная прочность бетонов.
- (ii) Улучшенные эксплуатационные свойства / транспортируемость.
- (iii) Преобразование свободной извести, которая образуется в результате гидратации обычного портландцемента и выбрасывается в дополнительный вяжущий материал, таким образом, приводя к его дополнительному упрочнению.
- (iv) Сниженная водопроницаемость за счет пуццолановой реакции между свободной известью и летучей золой, таким образом, снижая его пористость.
- (v) Сниженная водопроницаемость также позволяет повысить сопротивление проникновению влаги и вредных газов, таким образом, приводя к повышению его прочности.
- (vi) Менее жесткие требования, предъявляемые к цементу той же прочности, позволяют снизить его стоимость.

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗОЛЫ ЦЕМЕНТНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТЬЮ**

С учетом дальнейшего развития страны в настоящее время предполагается, что к 2012 г. производство цемента в Индии будет составлять около 240 млн т, а пуццолановый портландцемент из золы будет производиться на уровне 180 млн т (т.е., 75 % от общего производства це-

мента). Для этого потребуется 45 млн т сухой золы, которая будет составлять 20 % от общего количества образующихся золошлаков. Еще 5 % сухой золы будет использоваться для производства готовых бетонных смесей, в которых будет применяться обычный портландцемент.

## **ПОПРАВКИ К РЕШЕНИЮ ПРАВИТЕЛЬСТВА**

Для использования имеющейся летучей золы необходимо срочно развивать другие направления ее. Даже при том, что производство кирпичей и других строительных изделий из золы являются хорошими направлениями ее использования, но фактический уровень полезного использования золы в этом направлении остался очень низким (менее 3 % от произведенной золы), несмотря на обязательные условия, приведенные в решении Правительства (законодательство на правительственном уровне). Стоимость транспортирования золы к таким производственным установкам - одна из главных причин для ее ограниченного использования. Недостаточное понимание качества и характеристик таких продуктов строительной промышленностью также не способствовало ее использованию. МоЕФ, учитывая трудности производителей кирпича и других строительной продукции, в 2003 г. выпустило определенные поправки к законодательству, посредством чего обязало строительную промышленность использовать зольный кирпич или продукты из золы для производства всех строительных работ в радиусе 100 км от электростанции. Использование, по крайней мере, 25 % золы при производстве глиняного кирпича также стало обязательным в процессе производства кирпича в радиусе 100 км от электростанции. Использование золы также стало обязательным при выполнении насыпей во всех дорожных работах и для подготовки оснований при проведении работ гражданского и промышленного строительства в радиусе 100 км от электростанций.

Подобные поддерживающие меры по утилизации золы помогли повысить уровень ее полезного использования с 29,6 % в 2003 - 2004 гг. до 53 % в 2007 - 2008 гг. Основными направлениями использования золы остаются цементная и бетонная промышленность (20 %), подготовка оснований при проведении работ гражданского и промышленного строительства (17 %), укрепление золоотвалов (5 %), производство кирпича (3 %), дорожные насыпи (5 %), заполнение шахт (2 %) и др. (1 %).

## **НОВЫЕ ОБЛАСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗОЛЫ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

В настоящее время для повышения уровня дальнейшего полезного использования золы необходимо развивать новые области ее утилизации в промышленных масштабах, особенно, это касается крупных энергетических проектов, которые реализуются вблизи угольных шахт, где проведение строительных работ в противном случае очень ограничено. Появляются логичные решения по использованию золы для рекультивации угольных шахт. Поскольку зола - инертный материал, то она является очень хорошим наполнителем, используемым для рекультивации заброшенных шахт или там, где закончились все шахтные работы. Заброшенные шахты Южной Баленды, принадлежащие

Eastern Coalfields Ltd (ECL) рекультивируются с использованием золы близлежащей ТЭС NTPC в Талчере. Более 10 млн т золы может использоваться для рекультивации таких заброшенных шахт. Однако, пригодность таких заброшенных шахт ограничена, в основном, из-за новых горнодобывающих технологий, в которых учитываются угольные шахты с глубокими пластами даже с более высоким отношением вскрышных пород до 1:6 или даже выше.

Использование золы как заполнителя вместо обычно используемого песка также успешно опробовано во многих шахтах. Однако, потенциал использования в качестве заполнителя снова ограничен, в основном, из-за ограничения горнодобывающих работ (от 10 до 15 %), проводимых в стране.

Учитывая представленные выше ограничивающие факторы, суммарная утилизации золы в шахтах Индии составляла 4,2 млн т (3,3 %) в 2007-2008 гг. Тем не менее, необходимо разрабатывать новые технологии для использования золы в шахтах в промышленных масштабах, особенно в работающих карьерах. Исходя из успешного использования большого количества золы в дорожных работах и подготовки оснований при проведении работ гражданского и промышленного строительства, где зола находится под слоем почвы во избежание каких-либо экологических проблем, связанных с пылением сухой золы, то можно легко понять, что золу также использовать для заполнения работающих шахт смесью золы и вскрышных пород. Учитывая то, что количество вскрышных пород существенно превышает количество угля, на большинстве карьеров образуется большое количество вскрышных пород ежедневно. На одном из таких карьеров в районе Синграули компании Northern Coalfield Ltd ежедневно образуется 100000

т вскрышных пород, тогда как рядом расположенная ТЭС мощностью 2000 МВт ежедневно производит 10 тыс. т золы.

Учитывая тот факт, что около 30 % образованной золы должно использоваться при производстве цемента и других продуктов из золы, то 7 тыс. т имеющейся золы можно легко использовать вместе со вскрышными породами для заполнения работающего близ расположенного карьера. Золу нужно использовать во влажном состоянии (влажностойкость от 15 до 45 %) и заполнять вместе со вскрышными породами. Причем каждую партию золу необходимо немедленно гранулировать совместно со вскрышными породами во избежание проблем пыления. NTPC начинает пилотный проект по такому использованию летучей золы совместно с Министерством угля в 2/3 районах, расположенных около электростанций NTPC в Рамагундаме, Синграули и Корбе. Успешное завершение этих пилотных проектов позволит открыть новое направление использования золы в промышленных масштабах с целью рекультивации карьеров.

## ЛИТЕРАТУРА

1. **Government** Legislation on ash utilization issued by Ministry of Environment and Forest on 19.9.1999 and 27.08.2003 (Consolidated).

**А.К. Матур.** Влияние законодательства на утилизацию летучей золы энергетики на опыте Индии // Материалы II научно-практического семинара «Золошлаки ТЭС: удаление, транспорт, переработка, складирование», Москва, 23–24 апреля 2009 г. — М.: Издательский дом МЭИ, 2009. С. 45 – 47.