

Р а з д е л т р е т и й
ОБРАЩЕНИЕ С ЗОЛОШЛАКАМИ
3.7. Аналитические материалы

3.7.18. Опыт Индии по эффективному решению комплекса вопросов утилизации летучей золы

В. Кумар, Министерство науки и технологий Индии

АННОТАЦИЯ

Летучая зола, являясь остатком сжигания каменных или бурых углей на ТЭС, традиционно рассматривается, как отходы. За последние несколько десятилетий доказано и продемонстрировано, что летучая зола - полезный материал, который можно использовать во многих областях. Однако, несмотря на это, признание обществом того, что золу можно применять в больших масштабах, заняло значительное время. Трудности при развитии технологий, их испытание и передача, изменение предвзятого образа мышления, разработка стандартов, спецификаций и руководств, в том числе рабочих инструкций и т.д. нужно было рассматривать с точки зрения науки и системного подхода, а также изучения человеческой психологии и социально-экономической культуры. При этом настойчивость и результаты научной оценки играют важную роль. Индийский опыт оказался весьма успешным. Использование летучей золы увеличилось с 1 млн т в 1994 г. до 100 млн т в 2011 г., главным образом, как результат согласованных усилий индийской Миссии по проблеме летучей золы.

ВВЕДЕНИЕ

Уголь является преобладающим источником электроэнергии в энергетическом сценарии Индии. В течение десятилетий электроэнергия в стране вырабатывалась, в основном, за счет сжигания угля (около 60...67 % в топливном балансе Индии), а в мировом масштабе доля угля в среднем составляла около 30 %.

При запасах угля в Индии, которые составляют около 300 млрд т и ограниченных запасах других источников энергии, в обозримом будущем уголь будет и дальше оставаться основным топливом для ТЭС. Текущий годовой объем образования летучей золы составляет около 200 млн т от 100 муниципальных и около 40 ТЭС энергокомпаний общей мощностью около 120 ГВт, сжигающих каменные или бурые угли. По прогнозу к 2031-2032 гг. выход летучей золы возрастет до 1 млрд т/год при расширении энергетического сектора.

В начале 1991 г. проблема золы привлекла внимание Департамента науки и технологий Правительства Индии (ДНТ). Было проведено тщательное исследование технологий и рынка. Общая цель состояла в документировании существующих знаний и технологий по проблеме утилизации летучей золы и ее безопасного менеджмента, уровня восприятия золы рынком и угрозы воздействия золы на окружающую среду, если она не используется, а также в предложении плана действий.

До 1990 г. было предпринято значительные усилия по разработке и коммерциализации технологий по использованию летучей золы. Академические,

государственные и частные НИИ, а также энергетическая промышленность работали в этом направлении. Проблема утилизации золы впервые привлекла к себе внимание в 1970 г. Были проведены исследования свойств золы для ее применения в широком спектре различных направлений, в частности, для производства цемента (использование пуццолановых свойств), в геотехнических, металлургических целях, при производстве керамических изделий и в сельском хозяйстве. Были опубликованы результаты научных исследований, а также проведены лабораторные испытания и выполнено еще несколько демонстрационных проектов для доказательства возможности полезного применения золы. Тем не менее, большая часть работ осталась в научно-исследовательских отчетах. Было выполнено несколько работ по применению летучей золы при производстве бетона, кирпича и блоков, а также для рекультивации низинных территорий.

Министерство охраны окружающей среды и лесного хозяйства, Министерство энергетики и некоторые другие учреждения предприняли ряд инициатив. Были сформированы Национальный совет по менеджменту отходов и некоторые другие группы и комитеты, состоящие из высокопоставленных чиновников различных министерств и ведомств, правительств штатов, представителей НИИ, социальных работников и др. Руководству ТЭС было поручено принять меры по повышению уровня утилизации золы. Также были объявлены некоторые налоговые льготы, такие как скидки на акцизный сбор и налоги с продаж.

В начале 1990-х гг. Департаментом науки и технологий Правительства Индии был подготовлен аналитический отчет, в котором приведены результаты тщательного всестороннего исследования состояния технологий и рынка с целью безопасного размещения и полезного применения летучей золы, что заложило основу для целенаправленных усилий в области работ по проблеме летучей золы в Индии. Доклад получил широкое распространение и обсуждался в заинтересованных ведомствах. В нем подчеркивалось, что всего лишь менее 3 % золы используется в стране, а основное ее количество в настоящее время складывается на гидрозолоотвалах (ГЗО) с помощью системы гидрозолоудаления (ГЗУ). В докладе особенно было отражено, что летучие золы, которые считаются отходами, на самом деле являются полезными материалами и могут быть эффективно использованы в различных отраслях экономики.

1. ПРОГРАММА МИССИИ

Учитывая общую озабоченность в области охраны окружающей среды, а также необходимость безопасной утилизации и полезного применения летучей золы, Правительство Индии в 1994 г. создало Миссию по проблеме летучей золы, работающей под руководством Департамента науки и технологий, для координации деятельности Министерства охраны окружающей среды и лесного хозяйства, Министерства энергетики и Министерства науки и технологий. Основное внимание уделяется реализации демонстрационных проектов с целью создания доверия к технологиям крупномасштабного полезного применения золы ТЭС.

Сложность комплекса вопросов по разработке, испытаниям и передаче технологий; созданию и поддержке инфраструктуры; налаживанию межинституциональных связей; развитию рынка; формированию политики Правительства для продвижения и поддержки полезного применения летучей золы в значительных масштабах представляла собой весьма серьезную проблему, и поэтому потребовалась концентрация усилий всех заинтересованных сторон для ее эффективного решения.

В дальнейшем, поскольку ни одно отдельное использование золы потенциально не обеспечивало решение этой гигантской задачи безопасной утилизации и полезного применения летучей золы, нужно было разработать разумное сочетание ряда применений золы (с учетом временного фактора, инвестиций, начальных технических требований и инфраструктуры при использовании золы, потенциальных и ожидаемых доходов и т.д.). Потребовалась реализация большого количества демонстрационных проектов для получения доверия со стороны потенциальных пользователей и лиц, принимающих решения, особенно для создания критической массы эффективных примеров для повторения опыта использования золы. Было необходимо разработать национальные стандарты, нормы и правила, а также методические указания для получения более широкого признания обществом устойчивости принципа полезности применения летучей золы.

2. РАССМАТРИВАЕМЫЕ ЗАДАЧИ

2.1. Привлечение внимания заинтересованных ведомств

До начала 1990-ых гг. использование золы было очень ограничено, и, в первую очередь, было несколько проектов по использованию золы в бетонах для уменьшения теплоты гидратации (i), немного золы использовалось для подготовки пуццолановых смесей для производства портландцемента (ii) и ограниченное количество золы применялось для производства кирпича и т.д. (iii). После большей информированности и совместных усилий Миссии по проблеме летучей золы с различными государственными и неправительственными учреждениями в течение последних 8 лет, тенденции безопасного складирования и эффективной утилизации набира-

ют обороты в стране. Более широкое признание получили продукты из золы и различные ее применения. Это объясняется тем, что участвующие учреждения, (научно-исследовательские, академические институты, тепловые электростанции, промышленность и т.д.) были проинформированы и принимают положительные инициативы. Представители различных учреждений и групп акционеров, работающих в этой области, были объединены на единой платформе. Их совместная деятельность активизировалась и способствовала достижению поставленной цели.

Представители заинтересованных ведомств были проинформированы о том, что использование летучей золы позволит не только сохранить дефицитные природные ресурсы в виде верхних слоев почвы и песков, которые в противном случае будут использоваться в геотехнических целях, для производства кирпича, заполнения шахт и т.д., но также позволит предотвратить создание низинных территорий и сократить добычу речных песков. Благодаря использованию летучей золы мы сохраним дополнительные земли, которые в настоящее время используются для складирования золы. Кроме того, применение золы позволит увеличить производство портландцемента при использовании золы взамен природных материалов без дополнительных выбросов парниковых газов в атмосферу (при производстве одной тонны портландцемента образуется одна тонна выбросов CO₂). Потребовалась организация постоянного сотрудничества с различными учреждениями для достижения успеха.

2.2. Установление доверия к использованию золы энергетики посредством реализации демонстрационных проектов

Работа по установлению доверия проводилась с помощью проектов демонстрации технологий (ПДТ) по всей стране (рис. 1 - 9). Эти проекты были осуществлены в рассматриваемой области с участием представителей учреждений-потребителей золы, промышленных предприятий, поставщиков технологий, производителей золы, экспертов из научных кругов, НИОКР в различных областях использования летучей золы и безопасного менеджмента, как указано ниже:

- i. Области использования летучей золы:
 - дорожное строительство и насыпи;
 - компоненты строительных материалов;
 - гидравлические структуры;
 - сельское хозяйство;
 - закладка шахт.
- ii. Безопасный менеджмент летучей золы;
 - гидрозолоотвалы (ГЗО) и дамбы;
 - рекультивация ГЗО для гражданского строительства
 - Удаление и транспорт
- iii. Способствование дальнейшим НИР и ОКР
 - исследование характеристик летучей золы;
 - развитие НИР, ОКР и ТР по использованию золы в различных отраслях экономики.

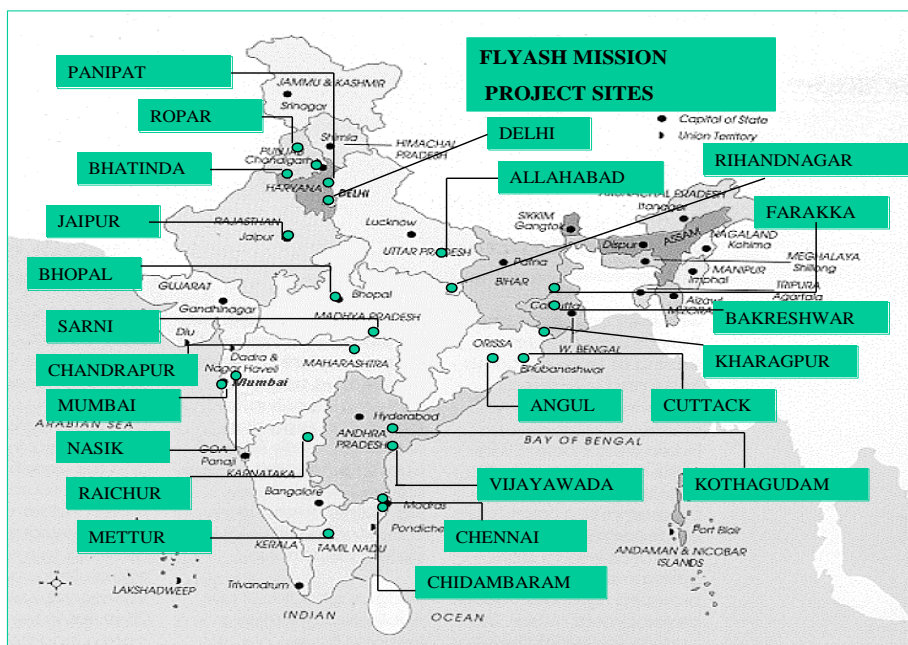


Рис.1. Штаты Индии, в которых были реализованы демонстрационные проекты по полезному применению золы энергетики

2.2.1. Некоторые примеры демонстрационных проектов в дорожном строительстве

Три технологических демонстрационных проекта в Нью Дели, Дадри (штат Уттар-Прадеш) и Райчуре (штат Карнатака) были успешно завершены.



Рис.2. Насыпь дороги при подъезде к мосту Низамуддин в Нью-Дели (в зоне затопления реки Ямуна)



Рис.3. Дорога Райчур-Арснаги через Ядлапур Райчуре, район Карнатака. Дорога с использованием летучей золы (без покрытия). При эксплуатации дороги на протяжении 7 лет проблем не выявлено.

В них была использована летучая зола для дорожного строительства и для формирования насыпей эстакад. Методические указания были подготовлены и одобрены Индийским конгрессом по до-

рожным работам в качестве национального стандарта. По всей стране получен более чем 10-кратный эффект.

2.2.2. Производство строительных материалов

Для строительства зданий стали применяться кирпичи, произведенные из летучей золы. Миссия по проблеме летучей золы работает в направлении укрепления доверия и содействия в плане деятельности по производству высококачественного кирпича, аттестацией его такими учреждениями, как Индийский институт технологии Дели (ИИТ Дели), Посольство США в Нью-Дели, частные строительные компании, управление общественных сооружений, центральное управление общественных сооружений и др.



Рис.4. Четырехэтажное здание ИИТ Дели, построенное с использованием зольных кирпичей

Зольный кирпич был закуплен подрядчиком ИИТ Дели в соответствии с жесткими стандартами качества и при совместном надзоре у конечных поставщиков.

Для производства высококачественного кирпича из летучей золы применялся специально разработанный гидравлический кирпичный пресс двойного действия (давление на кирпич с двух сторон).



Рис.5. Здание, построенное из зольного кирпича в Калькутте, Западная Бенгалия



Рис.6. Гидравлический кирпичный пресс двойного действия

Зола использовалась для замены части цемента при производстве бетонов и растворов, а также при производстве легких ячеистых бетонов и блоков. Применение золы в легких бетонах позволяет снизить использование цемента на 30%, делает структуру более легкой, что приводит к снижению затрат и энергосбережению.



Рис. 7. Использование ячеистых легких бетонных блоков из летучей золы

Были разработаны такие строительные материалы, как наполнители из золы, а также искусственная древесина и плитка из золы. Эти продукты являются экологически безопасными.



Рис.8. Использование легких ячеистых золобетонов в Ченнаи

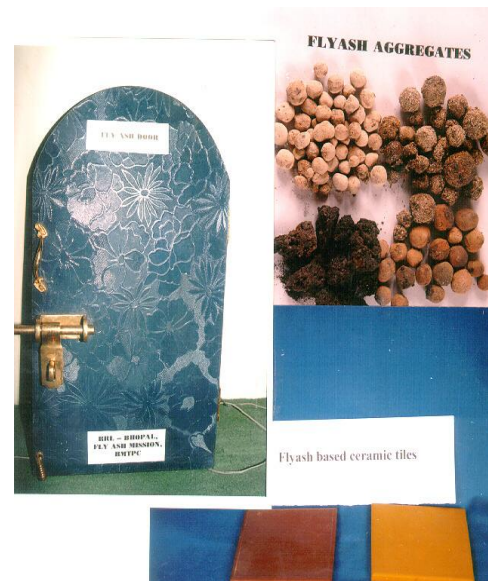


Рис.9. Наполнители на основе летучей золы, искусственная древесина и плитка

2.2.3. Исследования и практическое применения в сельском хозяйстве

Летучая зола содержит микроэлементы и, следовательно, способствует росту растений. Кроме того, она улучшает физические свойства почвы, а именно, водоудерживающую и аэрационную способность и т.д. Полевые проекты более чем в 50 местах возделывания зерновых, овощных и масличных культур, а также на заброшенных землях, рекультивируемых золой, территориях лесохозяйственного и цветочного назначения показали обнадеживающие результаты. Урожайность возросла в среднем на 20 %. Зола была использована совместно с гипсом для рекультивации солончаковых почв, приводя в результате к экономии ценного гипса от 50 до 75 %.

2.2.4. Гидрозолоотвалы и дамбы

Безопасная эксплуатация гидрозолоотвалов и дамб для складирования неиспользованной летучей золы ТЭС является важным требованием. Разработаны и продемонстрированы технологии по строительству дамб с использованием летучей золы вза-

мен грунтов. Кроме того, было проведено уплотнение гидрозолоотвалов для обеспечения их безопасности в сейсмических условиях, а также с целью использования для жилищного строительства.



Рис.10. Дамба, построенная с использованием летучей золы, на ТЭС Корба, Мадья-Прадеш



Рис.11. Уплотнение гидрозолоотвала ТЭС Виджейвада с помощью виброфлотации, Андхра-Прадеш

2.3. Обучение и повышение компетентности

Повышение компетентности и подготовка персонала являются большой проблемой. Это осуществляется в плановом порядке двумя путями, а именно: (I), на практическом обучении в течение короткого времени, длительностью от нескольких дней до недели, и (II) при обучении на рабочем месте от нескольких месяцев до года. В последнем случае руководство и контроль предназначены для обеспечения использования летучей золы и безопасного управления реальными проектами в различных условиях.

2.4 Изменение образа мыслей

Человеческая психология и ее способность к отрицанию являются основным камнем преткновения для принятия любого нового продукта или технологии. Эти вопросы решаются посредством следующих комбинаций:

- (i) встречи в небольших группах;
- (ii) встречи один-на-один с авторитетными лидерами;
- (iii) дебаты и дискуссионные форумы;
- (iv) пресс-конференции;
- (v) популярные статьи в печатных изданиях;
- (vi) дискуссии и трансляции на радио и ТВ;
- (vii) формирование целевых групп во влиятельных заинтересованных организациях.

Вышеупомянутые планы действий имеют место в каждой области использования летучей золы и

безопасного менеджмента, хотя и в разной последовательности в соответствии с потребностями конкретных групп и учреждений.



Рис.12. Обучение и повышение компетентности

2.5 Сотрудничество

В дополнение к работе самой Миссии по проблеме летучей золы с большим количеством учреждений, реализующих демонстрационные технологические проекты по всей стране, была создана сеть лабораторий и центров для координации деятельности по безопасному менеджменту и использованию летучей золы (рис. 13).

2.6 Внедрение стандартов, технических требований, методических указаний и инструкций

С целью более широкого признания и институционализации продемонстрированных технологий, Миссия по проблеме летучей золы тесно сотрудничает с Бюро стандартов Индии (БСИ) для обновления существующих стандартов по летучей золе и ее продукции, а также подготовки стандартов на производство и направления утилизации, которые не существуют на сегодняшний день.

Некоторые из инициатив по стандартизации включают:

- (a) разработку руководящих принципов для использования летучей золы для дорожных насыпей, которые были утверждены и изданы Конгрессом дороги Индии.
- (b) руководство по использованию летучей золы для строительства сельских дорог, утвержденные и изданные Министерством сельскохозяйственного развития.
- (c) пересмотр индийского стандарта ИС 3812 - стандарты для определения технических требований к летучей золе для его использования при производстве цемента и цементных растворов, бетона и мелких заполнителей были пересмотрены в связи с улучшением качества летучей золы на протяжении многих лет. Также сформулированы нормы для других областей применений летучей золы, а именно, для изготовления смесей извести и пуццолана, применений золы для производства порошков, а также геотехнических

- и сельскохозяйственных целей.
- (d) Совершенствование индийского стандарта ИС 456 – правила и нормы для неармированного и упрочненного бетона с использованием золы.
- (e) Минимальное и максимальное количество золы в поргланцементе было увеличено до 15 и 35 % соответственно и т.д.

- (f) Стимулирование использования летучей золы во всех нормах, имеющих отношение к проектам строительства гидротехнического сектора.
- (g) Совершенствование всех стандартов Совета по гражданскому строительству для замещения части цемента летучей золой.

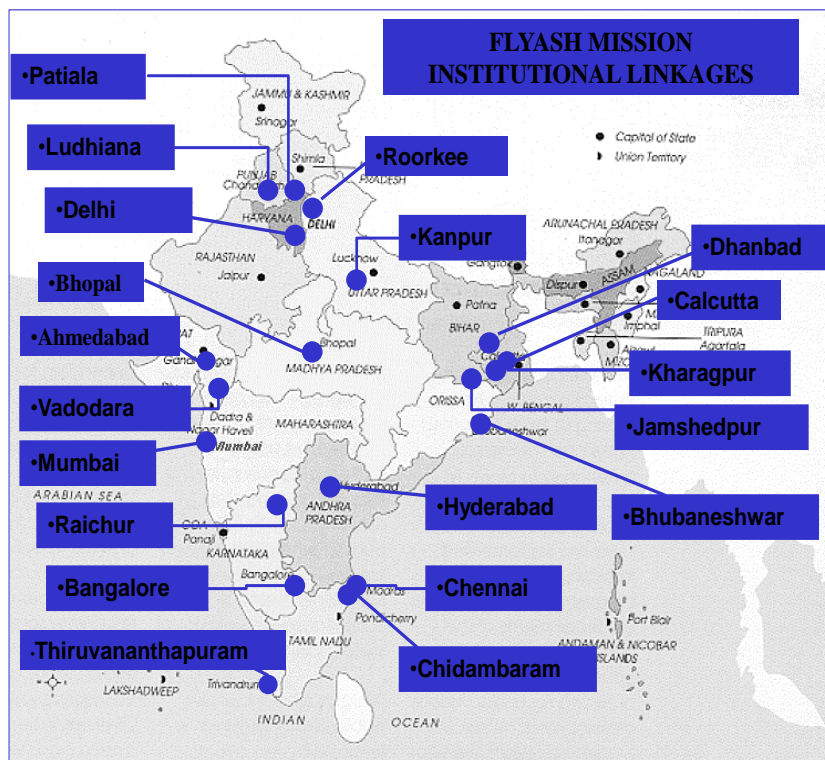


Рис.13. Сеть лабораторий и центров для координации деятельности по безопасному менеджменту и использованию летучей золы

2.7 Мобилизация институциональной и правительственной поддержки

- Институционализация использования летучей золы и ее продукции является очень важным и жизненно необходимым вопросом для использования золы и продукции из золы в больших масштабах. Этот вопрос рассматривается в рамках созданных основных групп и им занимаются в каждом из центров.
- Центральное управление общественных сооружений издало распоряжения о том, чтобы во всех районах, в которых ведутся строительные работы, использовалась летучая зола для производства кирпича и строительных блоков, а также других строительных материалов, включая цемент.
- Министерством охраны окружающей среды и лесного хозяйства было издано уведомление, запрещающее использование верхнего слоя почвы для производства кирпича, строительства дорог и дамб, а также для рекультивации низинных территорий в радиусе 100 км от ТЭЦ. Для этих целей должна использоваться летучая зола.
- В ряде штатов (штат Андхра-Прадеш, Карнатака, Орисса и Тамилнад) было объявлено о налоговых льготах и политических стимулах потребителям

продукции из летучей золы.

- Центральное правительство предоставило освобождение или снижение акцизных сборов и таможенных пошлин.
- Министерство дорожного транспорта и автомагистралей издало директиву по использованию летучей золы для насыпей автомагистралей.
- ИИТ Дели, ряд ТЭС и угольных компаний запретили использование глиняных кирпичей.
- Правительства штатов создали мощные группы поддержки для стимулирования использования летучей золы и продукции на ее основе, и т.д.

2.8 Развитие региональных Миссий по проблеме летучей золы на государственном уровне

Согласованные усилия и действия, предпринятые Миссией по проблеме летучей золы в Нью-Дели, были осуществлены в трех штатах Индии для достижения регионального эффекта и результата направленности действий. К ним относятся:

- “Миссия по проблеме летучей золы, Кота” штат Раджастан,
- “Миссия по проблеме летучей, Чандарпур”, штат Махараштра,
- “Миссия по проблеме золошлаков, Одиша”, штат Одиша.

3. ПОСЛЕДСТВИЯ СОЗДАНИЯ МИССИИ ПО ПРОБЛЕМЕ ЛЕТУЧЕЙ ЗОЛЫ

Эффективность решения комплекса вопросов по использованию летучей золы видна по результатам,

достигнутым благодаря вышеупомянутым усилиям. Итоги работы миссии по проблеме летучей золы представлены в таблице со сценариями использования летучей золы до создания Миссии в 1994 г. и в 2012 г.

Таблица. Основные интегральные результаты создания Миссии по проблеме летучей золы

Показатели	1994 г. (Создание Миссии)	2011-2012 гг.
Утилизация летучей золы	1,0 млн т/год (3 % из 40 млн т произведенной золы)	100 млн т/год (50 % из 200 млн т произведенной золы)
Количество центров (учреждений), работающих по проблеме летучей золы	Очень мало (менее 10)	Большое количество (сотни)
Число людей, работающих в области НИОКР по проблеме утилизации летучей золы	Мало (десятки)	Тысячи
Взаимосвязи между лабораториями и пользователями	Практически отсутствовали	Были установлены прочные связи. Стали распространенным явлением обмен данными и опытом.
Доверие к технологиям применения летучей золы	Отсутствовало	Установлено при демонстрации существующих технологий, другие технологии находятся в разработке или в плане и выполнена их стандартизация
Статус коммерциализации технологий	Практически отсутствовали усилия по коммерциализации технологий или масштабное использование золы	Начата коммерциализация и масштабная утилизация золы. Достигнуты эффекты, кратные сотням раз, прибыль - более 3 млрд. \$ США, новые рабочие места - задействовано более 1 млн человек, снижение выбросов CO ₂ - более 55 млн т/год.
Статус стандартов и протоколов	Устаревшие и негодные для многих применений	Начата работа по совершенствованию существующих и разработке новых стандартов. Откорректировано более 60 и разработано 15 новых стандартов

4. ИЗМЕНЕНИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ О ЛЕТУЧЕЙ ЗОЛЕ

Полученные результаты и значительные изменения сценария использования летучей золы являются ощутимыми вследствие того, что начали принимать продукцию из золы, а также понимание того, что зола в настоящее время становится одним из важных ресурсов для нового тысячелетия. Все больше и больше золы используется для производства кирпича, блоков, цемента, строительства дорог и насыпей, а также для сельскохозяйственных целей.

В настоящее время понимается истинная ценность золы для ее полезного применения в различных областях. Зола постепенно рассматривается, как экологически приемлемый и полезный ресурс, а не обуза. Более того, большое количество предпринимателей, ученых и инженеров начали идти вперед в области использования летучей золы и ее безопасного складирования. В организациях, занимающихся НИОКР, сформированы группы людей, работающих исключительно над проблемой летучей золы.

Летучая зола в настоящее время рассматривается как «ресурсный материал», а не «отход», как считалось ранее.

Индийский опыт, знания и технологии использования и безопасного менеджмента летучей золы в настоящее время признаны во всем мире. 16 декабря 2011 г. в Кремле в присутствии Премьер-министра Индии Манмохана Сингха и Президента

России Дмитрия Медведева был подписан Протокол о намерениях между Россией и Индией по вопросам использования и безопасного менеджмента летучей золы. Протокол был подписан после двусторонних переговоров на высшем уровне для реализации механизма по типу «Миссии по проблеме летучей золы Индии» в Сибирском федеральном округе в целях содействия развитию и применению технологий утилизации и безопасного менеджмента летучей золы, в том числе импорта технологий из Индии.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Развитие новых технологий, а также научные и технические мероприятия являются основными требованиями по использованию летучей золы. Положительное решение об использовании золы в крупных масштабах, в первую очередь, зависит от успешного решения комплекса вопросов о масштабах, установлении доверия, финансировании, повышении компетентности и изменении образа мышления, а также наиболее распространенных методик, систем и методических указаний для организаций - потенциальных пользователей золы.

В. Кумар. Опыт Индии по эффективному решению комплекса вопросов утилизации летучей золы // Материалы IV научно-практического семинара «Золошлаки ТЭС: удаление, транспорт, переработка, складирование», Москва, 19–20 апреля 2012 г. — М.: Издательский дом МЭИ, 2012. С. 32 – 38.