

ОБРАЩЕНИЕ С ЗОЛОШЛАКАМИ

3.4. Кондиционирование и управление качеством золошлаков

3.4.3. Перспективы производства высококачественных золошлаков и микросфер на основе нанотехнологий из зол энергетических углей с высоким содержанием потерь при прокаливании

В.Я. Путилов, МЭИ(ТУ)

К.В. Еремин, Omega Minerals Group, Германия

АННОТАЦИЯ

Перечислены основные стадии процессинга легкой фракции летучей золы. Приведены основные отрасли, использующие ПЗМ для производства различных видов высокотехнологичной продукции. Приведены оценки объемов потенциального и существующего мирового рынков сбыта ПЗМ. Указаны основные факторы, влияющие на исходные физико-механические свойства, химико-минералогический и фракционный составы ПЗМ, образующихся при факельном сжигании углей в топках энергетических котлов.

Указаны основные причины, препятствующие организации эффективного решения вопросов обращения с золошлаками в российских энергокомпаниях на современном уровне с учетом лучшего мирового опыта. Сформулированы некоторые необходимые условия для эффективного решения проблемы золошлаков ТЭС.

Представлена возможная технология для комплексного решения вопросов получения качественных золошлаков и производства микросфер с заданными свойствами на угольной ТЭС. Сделана оценка изменения экономических и экологических показателей ТЭС при внедрении предлагаемой технологии.

1. О ЗОЛЬНЫХ МИКРОСФЕРАХ ИЗ ЛЕТУЧЕЙ ЗОЛЫ ТЭС

Как известно, золошлаки различных энергетических углей отличаются по своим свойствам. Но если решение проблемы утилизации сухого шлака твердого шлакоудаления представляется достаточно понятным, то эффективная утилизация летучей золы не так очевидна, как это может показаться на первый взгляд. В связи с этим, системное исследование свойств различных фракций и создание высокоэффективных технологий разделения летучей золы на востребованные потребителями фракции в настоящее время является первостепенной задачей. Решение этой задачи позволит наиболее оптимальным (по критерию отношения ожидаемой прибыли к планируемым затратам на процессинг) способом перерабатывать летучие золы, образующиеся при сжигании различных энергетических углей на ТЭС.

Наряду со спросом на золошлаки для крупнотоннажных направлений переработки золошлаков имеется спрос и на отдельные фракции летучей золы для малотоннажных технологий производства высокотехнологичной продукции различными отраслями промышленности. К таким узким фракциям можно отнести легкую фракцию золы (ЛФЗ).

Легкая фракция летучей золы является сырьем для производства полых зольных микросфер (ПЗМ). Полые зольные микросферы извлекаются из легкой фракции ле-

тучей золы (рис. 1) путём ее поэтапного процессинга с применением различных технологий.

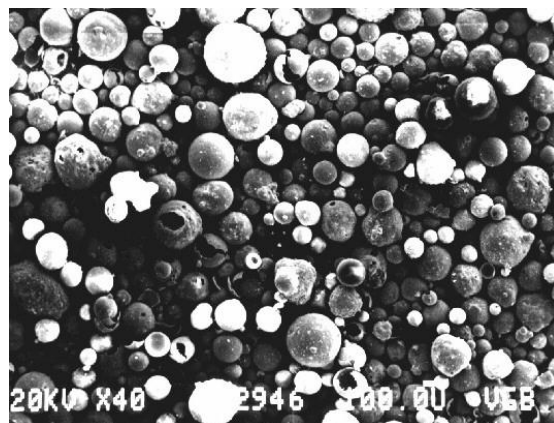


Рис. 1. Легкая фракция летучей золы с микросферами

1.1. Процессинг легкой фракции летучей золы

Параметры процессинга золы определяются условиями дальнейшего использования ПЗМ, то есть требованиями к физико-химическим свойствам и гранулометрическому составу микросфер со стороны потребителей (рис. 2). Именно этот аспект и задаёт методологическое правило работы, справедливое для обращения с любыми золошлаками: *«Исследование свойств золошлаков → исследование и формирование рынка → разработка и реализация технических решений для процессинга»*.



Рис. 2. Классифицированные ПЗМ и исходное сырье

Результатом применения такого правила являются созданные и реализованные на практике бизнес-процессы производства и реализации ПЗМ.

Первым этапом процессинга ПЗМ является выделение легких фракций золы. Многочисленные попытки создания эффективной технологии извлечения ЛФЗ из

золы сухого отбора в настоящее время не привели к созданию промышленных установок.

Метод пенной флотации, широко разрекламированный компанией RockTop (Великобритания), безусловно, позволяет комплексно решить задачу фракционирования отвальной золы с золошлакоохранилищ (ЗШХ), однако себестоимость получаемых продуктов жестко увязана с возможностью реализации основной крупнотоннажной массы перерабатываемой золы. В летучей золе на выходе из золоуловителей содержится всего до 3 % зольных микросфер по массе, а в отдельных случаях и менее 1 %. В противном случае, себестоимость ЛФЗ и других выделяемых фракций (магнетит, углерод и др.) оказывается в итоге неприемлемо высокой.

Возможно, что перспективной будет технология, разрабатываемая *Omega Minerals Group* совместно с РФЯЦ-ВНИИЭФ, но сроки ее промышленного внедрения также пока не определены. Поэтому добыча ЛФЗ в настоящее время проводится с поверхности карт ГЗО как ручным, так и механизированным способом. При ручном способе в подавляющем большинстве случаев весьма сложно соблюдать нормы охраны труда и техники безопасности, не говоря о его низкой эффективности и качестве собираемого продукта.

Наиболее эффективная технология механизированной добычи ЛФЗ с поверхности намываемых карт гидрозолошлакоотвалов (ГЗО) впервые была разработана и внедрена *Omega Minerals Group* в 2001 г. Способ и устройство защищены российскими и международными патентами. По этой технологии возможна добыча ЛФЗ в количестве от 100 до 5000 т в месяц с одного ГЗО (рис. 3).



Рис. 3. Отгрузка ЛФЗ, собранной на гидрозолоотвале ТЭС по технологии *Omega Minerals Group*

Качество добываемой ЛФЗ существенно влияет на стоимость дальнейшей переработки и потребительские свойства кондиционных ПЗМ. В некоторых случаях выделенные ПЗМ из добытой ЛФЗ либо являются неприемлемыми по цене, либо не обладают требуемыми потребительскими свойствами.

Добытая ЛФЗ упаковывается в соответствии с требованиями к перевозке подобных грузов и транспортируется на перерабатывающее предприятие для дальнейшего процессинга.

Процессинг ЛФЗ с целью получения кондиционных ПЗМ включает в себя несколько частично совмещаемых стадий:

- удаление органических примесей и недожога;
- неразрушающая сушка и отделение мусора;

- классификация материала по крупности частиц, по плотности, по прочности;
- магнитная сепарация продукта, удаление железосодержащих частиц;
- прокаливание материала (при необходимости);
- обезвоживание материала до влажности менее 0,25 % и обеспечение его свободной текучести;
- регулирование кислотно-щелочных свойств материала (уровень pH);
- стерилизация материала (при необходимости – для производителей ЛКМ);

В настоящее время известно несколько технологических схем переработки ЛФЗ, основанных на разных технических подходах. Наиболее эффективной является технология извлечения ПЗМ из ЛФЗ, разработанная и применяемая *Omega Minerals Group*. Данная технология также защищена международными патентами. Технология позволяет перерабатывать одним модулем до 10 тыс. т ЛФЗ в год с наименьшей из известных на сегодняшний день себестоимостью процессинга. Количество модулей определяется количеством перерабатываемого сырья (рис. 4).

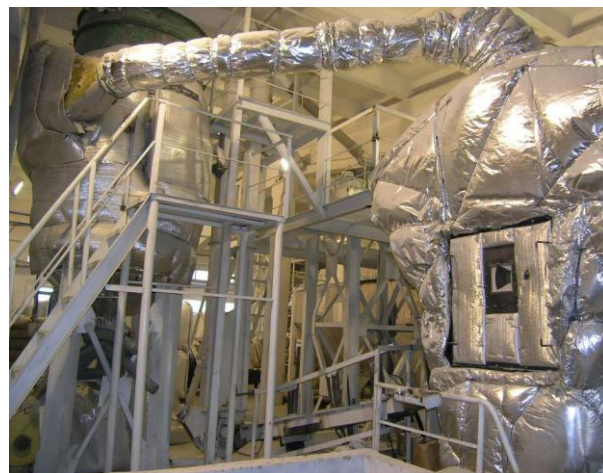


Рис. 4. Производство по переработке ЛФЗ

Наиболее ответственной частью процессинга ЛФЗ является классификация/блендинг промежуточного продукта с целью получения товарных ПЗМ различных сортов, полностью соответствующих требованиям потребителей.

Необходимо отдельно упомянуть о постпроцессинговой переработке ПЗМ, включающей в себя различные способы их модификации. Совместные разработки РФЯЦ-ВНИИЭФ и *Omega Minerals Group* дают возможность получить ПЗМ с уникальными свойствами, востребованные в наиболее высокотехнологичном и высокостоимостном сегменте рынка.

1.2. Основные отрасли, использующие ПЗМ

В настоящее время *Omega Minerals Group* выпускает более 20 различных сортов ПЗМ под собственной зарегистрированной международной торговой маркой «*Omega-spheres*». Объем выпускаемой продукции позволяет удовлетворять спрос более половины европейского рынка потребителей ПЗМ (рис. 5 и 6).



Рис. 5. Подготовка ПЗМ к отгрузке



Рис. 6. Отгрузка кондиционных ПЗМ

Единственной гарантией длительного успешного присутствия на рынке является стабильное качество продукции, т.е. полное и постоянное соответствие параметров производимой продукции заявленным ТУ. В различных сортах «Omega-spheres» количество параметров для контроля качества может достигать до 12, поэтому организация управления качеством имеет особое значение. Компании *Omega Minerals Group* сертифицированы на соответствие требованиям стандарта *ISO 9001:2000*, что позволяет сохранять и ежегодно увеличивать количество потребителей продукции.

Относительно географического распределения рынка ПЗМ приходится констатировать его корреляцию с развитостью инновационной составляющей в различных отраслях экономики государства. Основными потребляющими отраслями являются (в порядке повышения требований к качеству ПЗМ и количеству контролируемых параметров):

- нефтедобывающие и нефтесервисные компании;
- производители сухих строительных смесей и стройматериалов (ССС и СМ)
- производители синтактных композитов;
- производители огнеупоров;
- производители продукции для автомобилестроения;
- производители ЛКМ;
- производители композиционных материалов для микроэлектроники;
- производители эмульсионных ВВ.

Соответственно, чем ниже требования к качеству, тем ниже цена, которую готов платить потребитель.

1.3. Оценка мирового рынка сбыта ПЗМ

Потенциальный объем мирового рынка ПЗМ (по оценкам экспертов *American Coal Ash Association*) со-

ставляет до 1 млн т/год, однако, текущий уровень потребления не превышает 100 тыс. т/год. Это связано с особенностями ниши, занимаемой ПЗМ в общем рынке легковесных наполнителей и рядом объективных действующих факторов.

Как известно, ближайшим продуктом со сходными характеристиками к ПЗМ являются полые стеклянные микросферы (ПСМ). Однако, отличие в свойствах (более высокая плотность и низкая прочность) не позволяет ПЗМ занять эту высокостойкую нишу (от 3 000 до 17 000 евро/т на условиях доставки покупателю). Если рассматривать более доступные ценовые ниши, можно увидеть, что производители других сферических и несферических легковесных наполнителей (искусственно производимых, в том числе и ПСМ) гарантируют постоянное качество и объем производства своих продуктов. В отличие от данных продуктов, на исходные физико-механические свойства, химико-минералогический и фракционный составы ПЗМ и их постоянство существенно влияют следующие основные факторы:

- постоянство марок и качества сжигаемых углей в топках энергетических котлов,
- постоянство условий образования микросфер в топках котлов в зависимости от их нагрузки,
- технологии золоулавливания и золоудаления,
- технологии выделения ЛФЗ из сухой летучей золы на ТЭС или сбора ЛФЗ на гидрозолошлакоотвалах с учетом климатических условий и др.

Кроме того, также весьма существенным фактором является то, что в подавляющем ряду применений ПЗМ ценовой предел их реализации либо уже достигнут, либо находится вблизи верхних границ покупательского спроса. Такое положение приводит к тому, что многие потребители ПЗМ, уходя от рисков ухудшения качества потребляемого сырья и снижая себестоимость продукции, производят реформуляцию компонентного состава своей продукции, отдавая предпочтения иным наполнителям, отказываясь от применения ПЗМ. Потребители, однажды совершившие реформуляцию, уже, как правило, не возвращаются к использованию ПЗМ в силу системных ограничений.

Чем более высокотехнологичны области использования легковесных наполнителей, тем более требовательны потенциальные потребители ПЗМ. Данные обстоятельства определяют правила взаимодействия производителей и потребителей ПЗМ (своего рода *Good Manufacturing Practice*): *участие в разработке рецептур и технологий применения ПЗМ в продуктах потребителя, постоянный входной контроль качества ПЗМ, своевременное консультирование и готовность к упреждающему предложению новых сортов.*

Как следствие можно констатировать, что рынок для реализации ПЗМ является высококонкурентным, причём конкуренция определяется не столько предложениями ПЗМ от производителей, сколько *наличием альтернативных продуктов данного класса.* Это положение усугубляется разработкой новых технологий производства легковесных (в том числе и полых, моносферных) сферических наполнителей с заданными свойствами и относительно низкой себестоимостью. Некоторые из технологий уже находятся в стадии опытного производства и будут готовы к массовому выводу продукции на рынок в ближайшие 2-3 года.

1.4. Некоторые необходимые условия для эффективного решения проблемы золошлаков ТЭС

При таких обстоятельствах наибольший успех на рынке может иметь только компания, которая осуществляет полный бизнес-цикл от добычи ЛФЗ до продаж ПЗМ под собственной торговой маркой и обладает соответствующим собственным технологическим потенциалом для производства ПЗМ и маркетинговым потенциалом для развития рынка.

В настоящее время *Omega Minerals Group* является единственным из производителей ПЗМ в Европе, которая работает по такому бизнес-циклу. Для достижения этого компании понадобилось более 10 лет напряженной работы и 15 млн евро инвестиций.

В 2005 году по итогам II Международной научно-практической конференции и специализированной выставки «Экология в энергетике» *Omega Minerals Group* была удостоена Диплома и Почётного приза «За организацию бизнеса по утилизации золошлаковых отходов».

Выше приведена в кратком изложении методология организации бизнес-процесса утилизации ЛФЗ на примере *Omega Minerals Group*. Данная методология вполне применима и к утилизации любых других фракций летучей золы, что подтверждается опытом сотрудничества с рядом ведущих центров и компаний в ЕС и РФ. Период организации подобных бизнес-процессов для каждой фракции может длиться от 3 до 7 лет и потребует от 1 до 10 млн евро для их реализации по разным направлениям. При комплексном решении можно снизить затраты за счёт синергии при реализации технических решений, однако, существенное снижение маркетинговых расходов представляется мало вероятным.

Необходимо отметить, что опыт *Omega Minerals Group* является частью мирового опыта утилизации золошлаков ТЭС, и, что очень важно, единственным успешным опытом западной компании, прошедшей все этапы становления и развития проекта на территории стран СНГ.

Относительно российского рынка золошлаков в целом и ПЗМ в частности, необходимо с прискорбием констатировать, что подавляющее большинство компаний, пытающихся оперировать на рынке, не обладает ни сколько-нибудь квалифицированным менеджментом и персоналом, ни технологиями, ни пониманием сущности процесса переработки, ни маркетинговыми возможностями. Имеет место дилетантизм, полное отсутствие стратегического планирования, категорическое неприятие долгосрочного инвестирования подобного рода проектов и неспособность к развитию рынка. Крайне развит интеллектуальный паразитизм, сводящийся к банальному использованию чужих решений без ведома и разрешения их владельцев. По мнению авторов (и к большому их сожалению) эти тенденции, перешедшие в практику, сложились благодаря восприятию многими топ-менеджерами энергокомпаний данного бизнеса как средства быстрого решения личных финансовых вопросов, а не решения проблемы обращения с золошлаками угольных ТЭС на современном уровне для повышения экономической эффективности энергетического производства и снижения его вредного воздействия на окружающую среду.

Как ни парадоксально, но отрицательную роль в развитии процесса утилизации золошлаков в РФ сыграл строительный бум 2005-2008 годов, который привёл к появлению разного рода «ведущих компаний по утилизации ЗШО». Основная деятельность этих компаний в области продаж (в пик строительного бума) свелась либо к краткосрочным разовым крупнотоннажным решениям, либо к продаже летучей золы недобросовестным производителям контрафактного цемента и ССС, с печальными последствиями чего нам ещё предстоит ознакомиться. Ни одного внятного стратегического решения управляющими энергокомпаниями не было разработано и реализовано в полном объеме. Имеются единичные примеры правильного подхода, которые, к сожалению, не делают погоды в целом для эффективного решения проблемы обращения с золошлаками в российской энергетике.

Перспективы эффективной утилизации золошлаков в РФ напрямую зависят от того, насколько быстро собственники энергокомпаний осознают ущербность поведения некоторых нанятых ими топ-менеджеров и заставят их перейти от решения собственных финансовых вопросов к разработке и практической реализации целенаправленной и планомерной стратегии решения проблемы обращения с золошлаками в совокупности с практическим решением вопросов перевода ТЭС на сухое ЗШУ. Так же необходимо понимание того, что создание карманных «дочек», «внучек» и подобных фирмочек никак не способствует эффективному решению проблемы утилизации золошлаков с целью снижения себестоимости энергетического производства и улучшению состояния окружающей среды в зоне влияния ТЭС.

Одним из важных условий успешности проектов по эффективной утилизации золошлаков является заинтересованное участие в их реализации специалистов и компаний, профессионально и результативно занимающихся длительное время данными вопросами в научном, инженеринговом, маркетинговом и производственном направлениях. Привлеченные собственниками ТЭС такие компании могли бы помочь в решении не только научно-технических, технологических и организационных аспектов рассматриваемой проблемы, но также могли бы оказать содействие в организации привлечения инвестиций для реализации проектов по утилизации золошлаков. Мировой опыт свидетельствует о том, что наиболее эффективно данные вопросы решаются не в стратегии «карманных компаний», а в стратегии аутсорсинга или стратегии партнёрства. Игнорирование вышеизложенного приведет только к обострению проблемы обращения с золошлаками вплоть до остановки ТЭС из-за невозможности дальнейшего использования гидрозолошлакоотвалов вследствие их проектного заполнения. Предположим, что у собственников энергокомпаний, проникнувшихся пониманием изложенного и сущности проблемы обращения с золошлаками ТЭС, появилось желание заняться эффективным решением упомянутой проблемы, но у них возник вопрос: «Что нужно делать в этом направлении в технологическом плане на ТЭС?». Ниже рассмотрим один из возможных вариантов технологического решения получения высококачественных золошлаков энергетических углей и управляемого производства микросфер на ТЭС.

2. ВОЗМОЖНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ДЛЯ КОМПЛЕКСНОГО РЕШЕНИЯ ВОПРОСОВ ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННЫХ ЗОЛОШЛАКОВ И ПРОИЗВОДСТВА МИКРОСФЕР

2.1. Краткая характеристика предлагаемой технологии

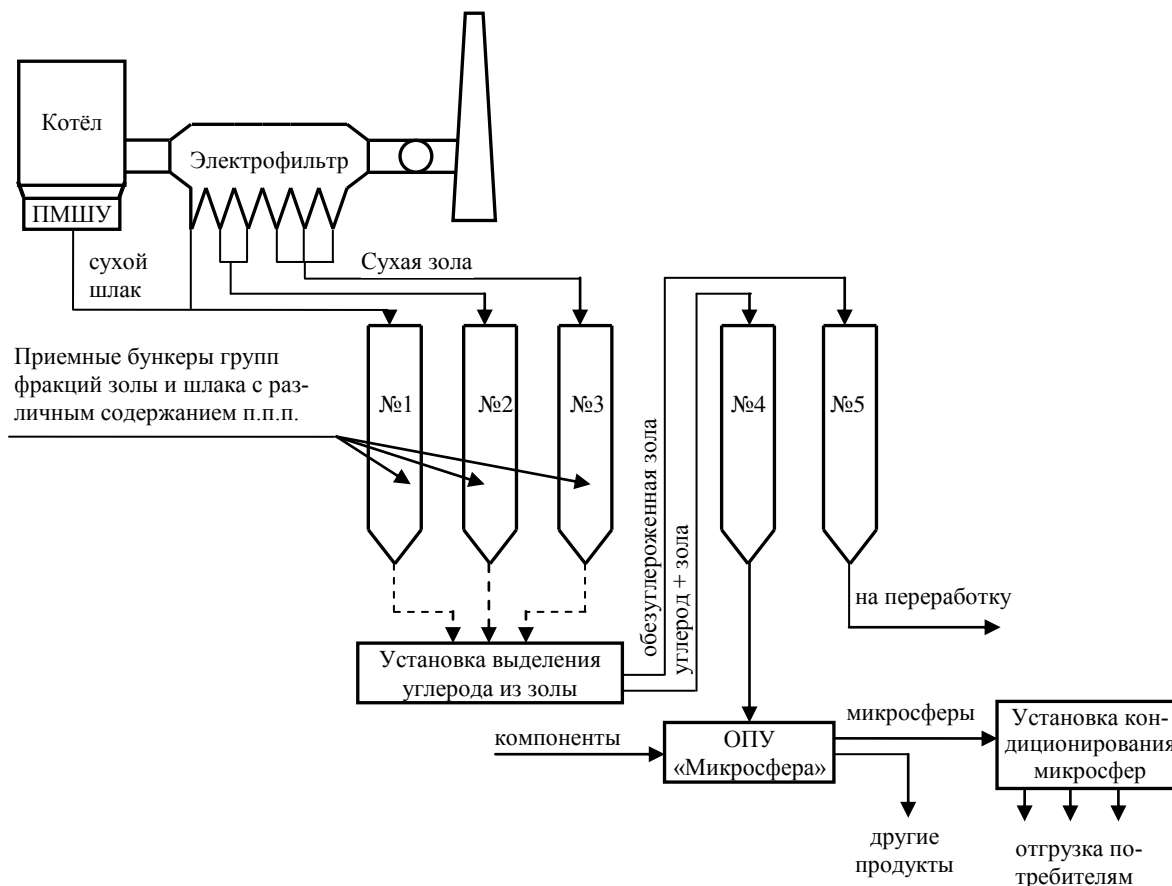


Рис. 7. Принципиальная схема опытно-промышленного технологического комплекса для получения высококачественных золошлаков энергетических углей и производства микросфер на основе нанотехнологий

Состав и краткая характеристика основных технологических узлов опытно-промышленного технологического комплекса представлены ниже.

- 1) ПМШУ — установка пневмомеханического шлакоудаления для вывода шлака в твердом виде из холодной воронки котла, его размола и пневмотранспортирования в приемный бункер №1. Достаточно подробно технология пневмомеханического шлакоудаления и преимущества ее использования по сравнению с гидрошлакоудалением представлены в [1,2] и других публикациях.
- 2) Пневмотранспортные установки для подачи золы из конвективной шахты и бункеров электрофильтров в приемные бункера золы и шлака №№1-3 с различным содержанием потерь при прокаливании. На схеме не показаны ввиду полной ясности их применения.
- 3) Приемные бункера золы и шлака №№1-3 предназначены для подачи золы и шлака с различным содержанием потерь при прокаливании в установку выделения углерода из них.
- 4) Установка выделения углерода предназначена для максимального извлечения горючих из золы и пылевидного шлака. Описание технологии фирмы *STI* и

На рис. 7. представлена принципиальная схема опытно-промышленного технологического комплекса для получения высококачественных золошлаков энергетических углей и производству микросфер на основе нанотехнологий.

опыт ее промышленного применения представлены в [3]. На выходе из установки обезуглероживания золы получают два продукта:

- зола, обогащенная углеродом, с содержанием горючих ~ 50 % по массе, которая подается в расходный бункер №4 опытно-промышленной установки по производству микросфер (ОПУ «Микросфера»);
 - обезуглероженная зола с п.п.п. менее 5 % по массе, которая подается в расходный бункер №5 для отгрузки потребителям. При необходимости п.п.п. в золе можно еще снизить за счет выделения горючих за несколько стадий.
- 5) ОПУ «Микросфера» предназначена для производства микросфер с требуемыми потребителями свойствами из золы, обогащенной углеродом, и соответствующих компонентов. На выходе из ОПУ «Микросфера» получают микросферы и побочные продукты. Микросферы подаются в установку для их кондиционирования и отгрузки потребителям. Объем и сфера применения побочных продуктов производства микросфер будут понятны после получения первых опытных партий микросфер. Системные исследования и моделирование процессов образования микросфер в топ-

ках энергетических котлов на протяжении ряда лет проводили В.С. Дрожжин и другие сотрудники ФГУП РФЯЦ-ВНИИЭФ. В результате проведения этих исследований образовалось понимание происходящих процессов, которое позволило на стендовой установке в лабораторных условиях получать микросферы. Из анализа результатов проведенных исследований стало ясно, что управляемое производство микросфер с требуемыми свойствами из угольной золы невозможно без применения нанотехнологий при подготовке составляющих компонентов для формирования микрогранул, подаваемых в огневую камеру ОПУ «Микросфера».

- 6) Установка кондиционирования микросфер предназначена для приведения их качества в соответствие с требованиями потребителей и отгрузки в виде товарной продукции. В этой установке будут использованы технология и опыт *Omega Minerals Group*.
- 7) Расходный бункер №5 предназначен для отгрузки обезуглероженной золы потребителям. Очень важной особенностью этой золы будет отсутствие ограничений на ее использование по п.п.п. Такая зола будет являться очень ценным компонентом при производстве продукции различного назначения, в том числе и для производства огнеупорных материалов.

2.2. Оценка изменения интегральных экономических и экологических показателей ТЭС при внедрении предлагаемой технологии

Рассмотрим вопрос изменения экономических и экологических показателей ТЭС при внедрении предлагаемой технологии по каждому основному технологическому узлу.

Установка ПМШУ. Применение пневмомеханической технологии шлакоудаления позволяет повысить К.П.Д. топливоиспользования примерно на 0,4 %, отказаться от использования воды для транспортирования шлака, обеспечить требуемые потребителями свойства шлака с п.п.п. менее 5 %. Более подробные сведения о ПМШУ изложены в [1,2].

Установка выделения углерода из золы. «В США свыше 50 % электроэнергии вырабатывается на угольных электростанциях. Двадцать из 25 электростанций, вырабатывающих электроэнергию по самым низким ценам, работают на угле. ». Эти сведения о ситуации с золошлаками в США в 2005 г. приведены в [4]. Уровень использования золошлаков этих ТЭС является очень высоким, чему в значительной мере способствует применение технологии фирмы *STI*, сведения о которой приведены в [3] и других публикациях.

ОПУ «Микросфера». Ее еще нет, но себестоимость производимых микросфер будет меньше, чем искусственно получаемых микросфер по другим технологиям, за счет стоимости исходного сырья и использования энергоресурсов. Кроме того, уходящие газы из ОПУ «Микросфера» можно использовать для сушки угля в пылеприготовительных установках ТЭС, что также позволит снизить себестоимость производимых ПЗМ за счет:

- использования тепла уходящих газов;
- отсутствия необходимости осуществления природоохранных мероприятий по очистке уходящих газов.

Также следует учесть стоимость использования пара, произведенного в огневой камере ОПУ «Микросфера».

Затраты на создание и освоение ОПУ «Микросфера» будут уменьшены на стоимость предшествующих НИР по исследованию механизма образования золных микросфер, выполненных ранее ФГУП РФЯЦ-ВНИИЭФ.

Установка кондиционирования микросфер. Стоимость строительства и ввода в эксплуатацию этой установки будет минимальной за счет имеющегося многолетнего положительного опыта и разработанных технологий *Omega Minerals Group*. Кроме того, не потребуются затраты на проведение полномасштабных исследований рынка сбыта производимых микросфер и их продвижения на рынки не только в России, но и в странах мирового сообщества.

Отгрузка обезуглероженной золы. Наличие горючих в золе и шлаке является очень серьезным фактором, ограничивающим их использование при производстве подавляющего большинства товарной продукции различного назначения. Потери при прокаливании, как правило, не должны превышать 5 % по массе. Обезуглероженная зола — основная часть золошлаков энергетических углей — является отличным товарным продуктом и безусловно будет востребована в существенно больших объемах, чем в настоящее время. Следовательно, убытки от складирования золошлаков в виде отходов на гидрозолошлакоотвалах в случае создания предлагаемого опытно-промышленного технологического комплекса превратятся в прибыль от их реализации в виде золы и шлака с высокими потребительскими свойствами без ограничений на их использование.

Из вышеуказанного можно сделать вывод, что при должной организации проект по созданию опытно-промышленного технологического комплекса для получения высококачественных золошлаков энергетических углей и производства микросфер на основе нанотехнологий будет экономически эффективным. Оценка объема инвестиций и срока их возврата возможна только при разработке технических предложений для конкретной ТЭС.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полюе золные микросферы являются ценным компонентом для производства высокотехнологичной продукции различного назначения. Однако, объем их производства недостаточен, а качество не всегда отвечает требованиям, предъявляемым потребителями, что вынуждает последних искать замену ПЗМ.

Практические действия большинства топ-менеджеров энергокомпаний с угольными ТЭС не направлены на эффективное решение проблемы обращения с золошлаками на современном уровне для повышения экономической эффективности энергетического производства и снижения вредного воздействия электростанций на окружающую среду.

Собственники большинства энергокомпаний недооценивают влияние эффективного решения проблемы обращения с золошлаками на экономические и экологические показатели угольных ТЭС.

Собственники и топ-менеджеры большинства энергокомпаний недооценивают пользу взаимовыгодного сотрудничества со специализированными российскими и зарубежными организациями и предприятиями, имеющими длительный положительный опыт практического

решения вопросов по проблеме обращения с золошлаками ТЭС.

Представлена возможная технология для комплексного решения вопросов получения высококачественных золошлаков с п.п.п. ниже нормативных и производства микросфер с заданными свойствами на угольной ТЭС. В результате создания предлагаемого опытно-технологического комплекса на угольной ТЭС такая электростанция будет отвечать самым жестким требованиям природоохранного законодательства и иметь экономические показатели не хуже газовых электростанций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Коппола Д., Путилов В.Я., Путилова И.В., Савастано С.** Применение технологии сухого шлакоудаления *MAC* — возможность значительного повышения надежности, экономичности и экологичности угольных электростанций // Труды II Междунар. науч.-практ. конф. «Экология в энергетике — 2005», 19—21 октября 2005 г. Москва. М.: Издательство МЭИ, С. 237—242
- 2. Путилов В.Я., Путилова И.В.** Перспективные технологии шлакоудаления, стр. 174-180 в кн. Современные природо-

охранные технологии в электроэнергетике: Информационный сборник / Абрамов В.В. и др.; под общей редакцией В.Я. Путилова. — М.: Издательский дом МЭИ, 2007, 388 с.: ил.

- 3. Биттнер Д.Д., Газиоровски С.А.** Очистка летучей золы: новости в области технологии сепарации // Труды Междунар. науч.-практ. семинара «Золошлаки ТЭС — удаление, транспорт, переработка, складирование», 23 марта 2007 г. Москва. М.: Издательский дом МЭИ, 2007. С. 35—41.
- 4. Госс Д., Миллер Э.Ч.** Побочные продукты сжигания угля: проблемы и возможности // Труды II Междунар. науч.-практ. конф. «Экология в энергетике — 2005», 19—21 октября 2005 г. Москва. М.: Издательство МЭИ, С. 149—156

В.Я. Путилов, К.В. Еремин. Перспективы производства высококачественных золошлаков и микросфер на основе нанотехнологий из зол энергетических углей с высоким содержанием потерь при прокаливании. Материалы II научно-практического семинара «Золошлаки ТЭС: удаление, транспорт, переработка, складирование», Москва, 23—24 апреля 2009 г. — М.: Издательский дом МЭИ, 2009. С. 110 – 116.