



Технологические аспекты утилизации золошлаковых отходов тепловых электростанций

Таскин Андрей Васильевич, научный сотрудник;
Слесаренко Вячеслав Владимирович, доктор технических наук
Дальневосточный федеральный университет (г. Владивосток)

Предложены новые подходы к утилизации и переработке отходов (золы, шлака) пылеугольных электростанций. Проанализированы перспективы дальнейшего накопления отходов в виде золы и шлака на электростанциях Дальневосточного региона. Рассмотрены основные направления утилизации золы и шлака. Представлены технические решения по переработке золы и шлака в строительные материалы. Установлено наличие значительных запасов драгоценных металлов, сконцентрированных в отходах электростанций Дальневосточного региона. Выполнены технико-экономические расчеты, подтверждающие эффективность получения драгоценных металлов при переработке золы и шлака пылеугольных электростанций.

Ключевые слова: угольная зола, шлак, отходы, переработка.

Введение. В общей проблеме нарастающего накопления отходов одно из ключевых мест, как в мире, так и в России занимают золошлаковые отходы (ЗШО) энергетики. По данным энергокомпаний, на ТЭС и котельных, сжигающих твердое топливо, ежегодно образуется около 90 млн. тонн золошлаковых отходов. Объем накопленных золошлаков в России составляет 1300 млн. тонн [1]. Площадь угодий, загрязненных золоотвалами ТЭС, более 22 тысяч гектар [2].

Цель исследования. Общемировые и российские тенденции по объемам образования ЗШО, естественным образом следуют за изменениями в потреблении угля на электростанциях и котельных. Очевидно, что топливные балансы по регионам и по отдельным странам имеют собственные особенности, но в целом, на мировом топливном рынке имеет место рост потребления угля в абсолютных и процентных показателях [3].

Структура топливного баланса Дальневосточного экономического района (ДВЭР), по данным Института экономических исследований ДВО РАН, существенно отличается от общероссийской [4]. Если в топливном балансе электростанций Европейской части России, Урала и Сибири доля угля составляет 28 %, а доля газа 64 % [2], то доля угля в структуре потребления котельно-печного топлива ОЭС Востока составляет в настоящее время 85 % первичных энергоресурсов [4]. Прогнозируемые данные по доле угля в общем балансе энергоносителей ДВЭР представлены в таблице 1.

Таблица 1. Доля угля в топливном балансе ДВЭР

Административные территории ДВЭР	Уголь в структуре потребления топлива, %
1. Приморский край	68
2. Хабаровский край	65
3. Республика Саха (Якутия)	62
4. Сахалинская область	60
5. Амурская область	58
6. Магаданская область	24
7. Чукотский автономный округ	56
8. Камчатская область, включая Корякский автономный округ	50
В целом по ДВЭР	56,5

Прогноз потребления угля для ДВЭР на период до 2020 г. подготовлен институтом «Энергосетьпроект» г. Владивостока (Таблица 2).

Для электростанций Приморского края основным топливом сохраняется местный бурый уголь при соответствующем развитии угольной отрасли. Исходя из имеющихся данных, есть все основания утверждать, что потребление угля на электростанциях Приморского края и объемы образования ЗШО значительно не изменятся.

В связи с этим оценка объемов образования ЗШО целесообразна как с экологической, так и с коммерческой точек зрения, поскольку ценность золошлаковых отходов как сырьевой базы для различных отраслей промышленности обоснована многочисленными исследованиями [2]. С учетом того, что сырьевые запасы постоянно отдаляются от мест переработки — что особенно характерно для строительной индустрии — ЗШО могут стать важным источником сырья для различных отраслей промышленности. Поэтому проблема переработки золошлаковых отходов заслуживает особого внимания.

Таблица 2. Прогноз максимальной потребности в угле в млн. тонн

Административная территория ДВЭР	1999 г.	2000 г.	2005 г.	2010 г.	2015 г.	2020 г.	Рост за период
Приморский край	13,8	14,3	15,7	16,7	17,5	17,8	1,29
Хабаровский край	7,8	8,1	11,5	12,8	13,9	14,0	1,79
Амурская область	4,3	4,3	5,1	6,1	6,3	7,9	1,84
Магаданская область и Чукотский автономный округ	1,6	1,6	1,9	2,2	2,4	2,4	1,5
Сахалинская область	2,0	2,1	1,9	1,9	0,5	0,5	0,25
Всего по ДВЭР	29,5	30,4	36,1	39,7	40,6	42,6	1,44

Материалы исследования. Хранилища ЗШО должны быть отнесены к категории техногенных сырьевых запасов отложенного спроса. Химический и минералогический состав золошлаков указывает, что их правильнее считать обогащённым сырьём для различных отраслей промышленности. Золошлаки в основном экологически неопасны, консервирующие свойства золошлаков позволяют использовать их для захоронения и утилизации других, в том числе опасных отходов. ЗШО относительно легко перерабатываются в товарную продукцию, содержат промышленно значимые количества ценных компонентов, например соединений чёрных и цветных металлов, драгметаллов и редкоземельных элементов [5,6,7,8].

Технические предложения. Авторами выполнена многопрофильная научно-прикладная работа по вовлечению золошлаковых отходов тепловых электростанций Приморского края в производственно-экономическую сферу. В процессе исследований были реализованы следующие мероприятия:

- разработаны и опробованы, в условиях действующих заводов Приморского края, технологии производства из ЗШО строительных материалов и изделий с улучшенными характеристиками;
- разработан и согласован рабочий проект завода по производству из ЗШО строительных материалов;
- выполнены маркетинговые исследования рынка строительных материалов для г. Владивостока;
- разработаны основные технические решения по реконструкции системы золоудаления Владивостокской ТЭЦ-2 с целью получения кондиционных сырьевых материалов;
- система золоудаления на Владивостокской ТЭЦ-2 была оснащена установкой по отбору сухой золы от элек-

трофильтров котлов. Установка эксплуатировалась с 1998 г. по 2002 г.;

- до 2002 г. на Владивостокской ТЭЦ-2 эксплуатировались технологические линии малой мощности по производству стеновых материалов, фундаментных блоков, кровельной черепицы, брусчатки;
- в районе золоотвалов ТЭЦ был отведён земельный участок под строительство завода по производству строительных материалов и изделий из ЗШО;
- разработана концепция экономически эффективной, 100 %-й, комплексной переработки ЗШО.

Результаты исследования. Результаты работы позволили определить итоговые показатели проекта:

- в условиях действующей ТЭЦ подтверждена возможность организации отбора кондиционных золошлаковых материалов разных фракций без нарушения технологического процесса золоудаления электростанции;
- показана возможность успешного вхождения в действующий рынок новых строительных изделий из золошлаковых отходов энергетики;
- практически доказана положительная экономическая эффективность производства строительных материалов из ЗШО;
- показана возможность полной утилизации ЗШО от действующей электростанции;
- показана возможность утилизации других отходов с использованием золы – унос, например макулатуры, отходов деревообработки, жидких радиоактивных отходов ТОФ.

Площадь земельных участков, занимаемых золоотвалами ОАО «Дальневосточная генерирующая компания» составляет 311 Га. В золоотвалах накоплено ЗШО более 43 167 000 тонн, ежегодный выход ЗШО составляет 774 000 тонн, в том числе по электростанциям (Таблица 3).

Таблица 3. Характеристика золоотвалов ОАО «ДГК»

Электростанция	Площадь земельных участков занимаемых золоотвалами, га	Накоплено золошлаковых отходов, тыс. тонн	Ежегодный выход ЗШО, тыс. тонн
Партизанская ГРЭС	59	8275	53
Артёмовская ТЭЦ	145	16534	289
Владивостокская ТЭЦ-2	1.Зеркало золоотвалов – 104; 2. С учётом гидротехнических сооружений – 153.	18358	432 (до перевода на газ)

Рассматривая оптимальный вариант организации переработки ЗШО, следует отметить, что комплексную переработку ЗШО рекомендуется организовывать в три стадии. Первая стадия – сырьевая. На этом технологическом переделе ЗШО разделяются на фракции и очищаются от недожога. Уже на этой стадии производится товарная продукция с устойчивой ликвидностью – высококалорийное топливо (недожог представлен обычно в виде смеси полукокса и кокса), песок и крупнозернистый наполнитель

для строительных смесей (шлак). Вторая стадия – производство строительных материалов и изделий, в том числе материалов для дорожной и цементной отраслей. Третья стадия – извлечение концентратов металлов.

В таблице 4 приведены расчётные технико-экономические показатели линии по производству концентратов драгметаллов (КД) при отборе ЗШО от действующих систем ГЗУ (на пример Владивостокской ТЭЦ-2).

Таблица 4. Укрупненные ТЭП показатели линии по производству КД

№ п/п	Показатели	Ед. изм.	Значения
1.	Годовой объём перерабатываемых ЗШО	тонн	180000
2.	Капитальные вложения	тыс. руб.	45 000
3.	Удельные капитальные вложения на 1тону ЗШО	тыс. руб.	0,250
4.	Срок монтажа установок	год	1 -1,5
5.	Период производственной деятельности, принятый для расчёта экономических показателей линии после вывода линии на номинальную	год.	4



	производительность. Начало производственной деятельности привязано к реконструкции системы ГЗУ			
6.	Годовой выпуск товарной продукции, в том числе:			
	- золотосодержащий концентрат с содержанием золота 600 г/т	тонн	180	
	- платиносодержащий концентрат с содержанием платины 600 г/т.	тонн	240	
7.	Годовая стоимость продукции	тыс. руб.	58 423,68	
8.	Годовые эксплуатационные затраты	тыс.руб.	30 000	
9.	Балансовая годовая прибыль	тыс. руб.	28 423,68	
10.	Чистая годовая прибыль	тыс. руб.	19896,58	
11.	Безрисковая норма дисконтирования	%	13	
12.	Капитальные вложения, приведённые к концу расчётного периода	тыс. руб.	27607,36	
13.	Чистая дисконтированная прибыль за расчётный период, (NPV)	тыс. руб.	61464,33	
14.	Индекс доходности (PI)	ед.	1,71	
15.	Внутренняя норма доходности при безрисковой ставке дисконтирования 13 % (IRR)	%	27,5	
16.	Срок окупаемости капвложений:	лет		
	- статистический			3,77
	- динамический			2,89
17.	Рентабельность за расчётный период	%	82	
18.	Жизненный цикл технологических линий	лет	Не ограничивается.	

Сегодня в ДВФУ в инициативном порядке разрабатываются технологии извлечения из ЗШО ценных компонентов, в том числе концентратов драгоценных и редкоземельных металлов.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, соглашение № 14.578.21.0015 от 30 июня 2014 г. между Дальневосточным федеральным университетом и Министерством образования и науки Российской Федерации.

Выводы 1. Полученные результаты подтверждают возможность полной, экономически эффективной переработки золошлаковых отходов энергетики.

2. Высокая экономическая эффективность переработки ЗШО достигается в части извлечения ценных компонентов.

3. Задача крупнотоннажной утилизации ЗШО решается за счет производства строительных материалов и изделий.

4. Комплексная переработка позволяет сократить срок окупаемости затрат на развитие производства по переработке ЗШО до 3 - 4 лет.

Литература:

1. Кучеров Ю.Н. РАО «ЕЭС России». Основные проблемы и направления развития электроэнергетики России // Материалы международной научно-практической конференции «Экология энергетики 2000», М.: Издательство МЭИ, 2000. - с. 14-21.
2. Алексейко Л.Н., Таскин А.В. О комплексной переработке золошлаковых отходов энергетики // Труды IX Международной конференции «Экология и развитие общества». Санкт-Петербург, 2005. - с. 12 – 21.
3. С.Д. Молодцов. Электроэнергетика мира в 90-х годах // Электрические станции, 1999, № 5. - с. 58 – 67.
4. Сухов П.А. Основные тенденции на мировом рынке энергетических углей // Компания. Деловой еженедельник. 2005. № 1 (347). - с. 58-61.
5. Леонов С.Б., Федотов К.В., Сенченко Е.А. Промышленная добыча золота из золошлаковых отвалов тепловых электростанций // Горный журнал. 1998. № 5. С. 67-68.
6. Тарифы на энергоресурсы и развитие экономики. Промышленные ведомости, 2005, № 4., http://www.promved.ru/aprel_2001_02.shtml
7. Стратегия развития топливно-энергетического потенциала Дальневосточного экономического района до 2020 г. Под редакцией член-корреспондента РАН А.П. Сорокина. Владивосток. Дальнаука. 2001 г. 111 с.
8. Энергетическая стратегия России на период до 2020 года: утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации № 1234-р от 28.08.2003. М.: ГУ ИЭС, 2003. 136 с.