

## Раздел третий

### ОБРАЩЕНИЕ С ЗОЛОШЛАКАМИ

#### 3.7. Аналитические материалы

##### 3.7.8. Утилизация побочных продуктов сжигания угля в Польше

*Я. Хицнар, ECOCOAL Consulting Center, Катовице, Польша*  
*Т. Щигельски, Polish CCP Union, Щецин, Польша*

#### АННОТАЦИЯ

В Польше, на высокий уровень использования золошлаков — 80 %, образованных в результате сжигания каменного угля и лигнита, повлияли следующие факторы: введение и соблюдение экологического законодательства, принципы свободного рынка, ужесточение требований по безопасности работ и эксплуатации угольных шахт, норм, ограничивающих использование полезных ископаемых и выбросов CO<sub>2</sub> в атмосферу. В то же время была проведена интенсивная работа по развитию и введению национальных и европейских стандартов по использованию побочных продуктов сжигания угля (ППСУ) при производстве строительных материалов и др.

Эти факторы способствовали повышению качества окружающей среды не только электростанциями, но также и пользователями ППСУ и также привели к снижению стоимости обращения с золошлаками на электростанциях и получению пользователями дополнительной прибыли.

Все эти действия и их эффективность, в большой степени, есть результат работы Ассоциации производителей и потребителей летучей золы и шлака Польского союза переработчиков продуктов сжигания угля (*Polish CCP Union* или *UPS*).

#### 1. ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ОБРАЩЕНИЕ С ППСУ

Польша — одна из немногих стран, в которой более 90 % электроэнергии вырабатывается за счет сжигания угля (65 %) и лигнита (35 %). За последние 15 лет произошла модернизация существующей технологии выработки энергии, которая последовала после процесса изменения мощностей ТЭС за счет строительства новых энергоблоков, имеющих котлы с кипящим слоем и работающих на сверхкритических параметрах. Такое положение, позволяющее также сжигать отходы угледобычи и биомассу, значительным образом повлияло на количество и виды ППСУ, а также вопросы обращения с побочными продуктами (табл. 1) [1].

В этот промежуток времени значительное влияние на способ обращения и утилизации ППСУ оказали следующие меры:

- соблюдение принципов свободного рынка,
- ужесточение требований к эксплуатации шахт,
- ограничения по использованию природных ресурсов,
- ограничения по выбросам CO<sub>2</sub>.

Перечень традиционных ППСУ был дополнен гипсом установок сероочистки, золошлаками котлов с кипящим слоем и микросферами. В то же время, рост утилизации летучей золы вызвал снижение объемов складирования ППСУ на отвалах. За последнее время системы гидротранспорта и складирования золошлаков на гидрозолошлакоотвалах на большинстве ТЭС были заменены систе-

мами пневмотранспорта и складирования золы в сухом виде.

Что касается повышения требований к безопасности проведения работ в угольных шахтах, то в настоящее время золошлаки и другие ППСУ являются обязательным материалом для заполнения шахт.

Основные изменения в вопросе обращения с ППСУ были вызваны организационными изменениями в энергетическом секторе, когда вопросами менеджмента и утилизации ППСУ стали заниматься специально созданные для этой цели местные и зарубежные компании (Knauf и др.). Выбор все более часто основывается на экономических критериях, с учетом стоимости складирования и использования золошлаков. В последнее время имеет место сильное влияние свободного рынка продажи кремниевой летучей золы. Введение обязательных ограничений по выбросам CO<sub>2</sub> привело к проявлению цементными заводами огромного интереса к использованию золы. В то время как ранее большинство поставщиков золы для цементных заводов требовали доплату от ТЭС, то теперь цементные заводы обычно покупают летучую золу непосредственно у ТЭС. Очевидно, что эта зола должна соответствовать ограничениям в соответствии с имеющимися стандартами.

В этих условиях в Польше было создано несколько профессиональных компаний, которые занимаются не только отгрузкой золы ТЭС потребителям, но также имеют и свой собственный транспорт, технологии и установки по переработке ППСУ в продукты, представляющие высокую коммерческую стоимость (*Dalia, EFS, EKOTECH, UTEX, VKN* и др.).

Большой вклад в развитие и продвижение идей по рациональному обращению с ППСУ вносит неправительственная ассоциация — Польский союз переработчиков продуктов сжигания угля (*UPS*), созданный компаниями, занимающихся утилизацией ППСУ. Основными задачами *UPS* являются:

- помощь его членам в продвижении технологий использования ППСУ в экономике,
- создание новых и поддержка существующих научно-исследовательских, образовательных и информационных программ,
- работа по созданию и развитию законодательной базы по вопросу обращения с ППСУ,
- вклад в экономическое развитие его членов путем поддержки их инициатив и продвижения инновационных, технических, организационных и экономических решений.

Таблица 1. Образование ППСУ энергетики [1].

Годы	Летучая зола, тыс. т		Шлак, тыс. т	
	сжигание лигнита	сжигание угля	сжигание лигнита	сжигание угля
1985	18 074,5		3 335,0	
1995	12 763,4		1 792,5	
2000	5 646,85	7 718,32	144,65	1 718,99
2005	5 955,00	6 755,00	170,00	1 886,00
2006	6 157,00	7 156,00	188,00	2 126,00

Членство Польского союза в Европейской ассоциации побочных продуктов сжигания угля (ЕСОВА) и организация национальных и международных конференций позволяют обмениваться информацией о мировом опыте и представлять достижения Польши по проблеме утилизации золошлаков угольных электростанций.

## 2. ОБРАЩЕНИЕ С ППСУ

Использование ППСУ в Польше происходит в течение 100 лет, когда впервые шлаки, полученные при сжигании углей в котлах с решетками, с добавкой извести использовались при строительстве домов. С развитием угольных электростанций в обществе возрос интерес к проблеме обращения с ППСУ. Со временем направления использования ППСУ развивались и объемы их утилизации увеличивались, на чем все больше сказывались рыночные условия хозяйствования. В настоящее время использование ППСУ для производства традиционных материалов, проведения работ гражданского строительства и рекультивации почв деградированных районов основа-

но на строгом контроле их физико-химических свойств, а также анализа результатов внедрения технологий и направлений применения ППСУ. На развитие утилизации ППСУ существенное влияние оказывают работы по разработке и введению в действие национальных и европейских технических стандартов по использованию ППСУ в качестве компонентов продуктов для производства строительных материалов и др. (EN450, EN206, EN 13 283, EN 14 227 и другие стандарты).

Для менеджмента летучей золы и шлака важным являются их химико-минералогический состав и физико-механические свойства. В соответствии с существующей классификацией в Польше имеются три типа летучей золы: кремниевая, алюминиевая и высококальциевая. Для такой классификации требуется новое ее трактование с тем, чтобы учитывать все ППСУ и в большей степени ссылаться на зарубежную практику [2]. Краткий обзор основных методов утилизации ППСУ основан на данных, представленных в табл. 2 [1, 3].

Таблица 2. Утилизация ППСУ энергетики [1].

Годы	Количество летучей золы и шлака в тыс.т						
	Производство строительных материалов	Производство цемента	Дорожные работы	Заполнение шахт	Другие	Промышленное использование	Менеджмент, %
1985	1556	504,8	143,3	481,5	326,9	3012,5	14,1
1995	1346,1	837,6	280,7	4 524,7	868,5	7857,6	54,0
2000	2194,7	712,8	229,1	3391,1	4906,5	11434,2	75,1
2005	1724,0	961,0	581,0	4848,0	4120,0	12234,0	82,9
2006	1907,0	1095,0	576,0	4616,0	4214,0	12408,0	79,4

Традиционно основным потребителем летучей золы является цементная промышленность. Летучая зола кремниевая типа используется для производства клинкера или цемента. В определенные периоды также производились цементы с высоким содержанием в них золы, где доля клинкера составляла всего 30 %. Применение высококальциевой золы для производства цемента и клинкера является предметом многих исследований, результаты которых указывают на возможность ее применения и их полезное использование. В настоящее время использование золы на цементных заводах составляет более 1 млн т/год. С учетом необходимости снижения выбросов CO<sub>2</sub> цементной промышленностью, ожидается рост уровня утилизации золы для снижения доли материалов, для которых требуется обезуглероживание.

Кроме применения летучей золы в цементной промышленности большие ее объемы, особенно золы кремниевая типа, используются для производства цементных вяжущих путем их совместного размолва с клинке-

ром. Широко практикуется производство вяжущих не только из кремниевых и алюминиевых зол, но и с использованием кальциевой золы и золы котлов с КС посредством их механической активации и модификации с помощью традиционных вяжущих (цемент, известь, гипс). Огромные объемы вяжущих и их смесей используются для проведения дорожных работ и заполнения шахт. В настоящее время большинство цементных центров не только оборудованы золоприемниками, но и имеют программное обеспечение для оптимального дозирования добавок летучей золы взамен цемента с целью производства бетона с требуемыми параметрами.

Угольная зола также используется для производства синтетических наполнителей. Золошлаки энергетических углей применяются при производстве строительной керамики и наполнителей. Зола алюминиевого типа применяется для производства специальной керамики.

В последние годы растет интерес к использованию золошлаков и их смесей из отвалов, а также их комбина-

ций с другими отходами (например, отходы угледобычи) в дорожном строительстве. Если в Польше осуществится амбициозный план строительства автомагистралей в условиях нехватки традиционных природных строительных материалов, то мы будем наблюдать рост использования всех типов отходов, включая ППСУ.

В этих направлениях применения ППСУ необходимо напомнить о польских достижениях в области использования высококальциевых зол в дорожном строительстве и о создании системы проверки качества золы для дорожного строительства [4].

Наблюдается использованием огромных объемов ППСУ в угольных и лигнитных шахтах, составляющих 4 млн т/год.

Сегодня ППСУ, главным образом, используются для заполнения шахт с целью повышения безопасности проведения работ в шахтах, в особенности, для заполнения отработанных штреков, неглубоких карманов и стволов шахт; для выполнения противопожарных мероприятий [5].

Золошлаковые смеси, образованные при сжигании лигнитов, используются для заполнения лигнитных шахт и для строительства дорог в местах добычи лигнитов.

ППСУ также используются для рекультивации и планировочных работ деградированных районов, в качестве удобрений, для дренажа почв и т.д.

Большинство приведенных исследований и способов обращения с ППСУ и их утилизации было представлено в докладах наших специалистов на Международной конференции EUROCOALASH в 2008 г. [6].

Вдохновляемые и поддерживаемые *UPS* научно-исследовательские работы, работы по внедрению и подготовке принципов законодательного регулирования REACH совместно с международным сотрудничеством должны способствовать достижениям в области рационального обращения с ППСУ в будущие годы.

## ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ И ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ УТИЛИЗАЦИИ ППСУ

Ограничение складирования ППСУ в пользу их применения обеспечивает электростанциям и потребителям много экологических, экологических и социальных преимуществ.

Первым экологическим преимуществом является отсутствие необходимости нового складирования летучей золы и шлака и сокращение земель под существующими отвалами, что приведет к снижению загрязнения атмосферы, водного бассейна и деградации почв. Для складирования одного млн т ППСУ требуется от 33 до 62 га, а в случае гидротранспорта отходов расходуется примерно 0,3 млн т воды.

В результате рационального обращения с ППСУ можно снизить использование традиционных сырьевых материалов, зачастую снизить дальность и объемы транспортирования сырьевых материалов и продуктов.

Сегодня одним из наиболее важных аргументов применения ППСУ является возможность снижения выбросов CO<sub>2</sub> при производстве клинкера и цемента, а также снижение потребления материалов, производство которых связано с выбросами CO<sub>2</sub>. В зависимости от количества ППСУ, используемых при производстве цемента, сокращение выбросов CO<sub>2</sub> может составлять 35 %. При производстве цементных вяжущих с большим содержа-

нием золы сокращение выбросов CO<sub>2</sub> может составлять до 60 %.

Эти экологические эффекты очень тесно связаны с экономическими. В настоящее время при строительстве золоотвала необходимо не только соблюдать требования, предъявляемые к гидротехническим сооружениям, но и также гарантировать отсутствие неблагоприятного воздействия на окружающую среду. Такие требования и стоимость земли при строительстве золоотвала показывает, что расходы на его строительство могут вырасти даже более, чем в 12 раз и составляют от 1000 до 3000 злотых/м<sup>2</sup>. К этим расходам также необходимо добавить эксплуатационные затраты на гидротранспорт, подавление пыления отвалов и плату за складирование отходов, которые постоянно растут. В 2000 г. стоимость складирования летучей золы и шлака на существующих отвалах составляла от 30 до 51 злотых/т [7].

В то же время за счет отгрузки ППСУ потребителям (напрямую или через посредников) ряд ТЭС существенно снизил затраты на обращение с золошлаками, как это и показано в табл. 3.

Таблица 3. Затраты на обращение с ППСУ [7].

Перечень	Затраты, злотые/т
Складирование золошлаков	30,00...51,00
Шлак	0...16,90
Зола	12,00...25,00
Золошлаковая смесь	- 6,50*...22,00
Гипс	- 3,80...5,00*
DAR	12,00...28,00
DSR	14,00...39,00
FBR	13,70...31,20

Все чаще значительные экономические преимущества получают пользователи ППСУ, которые их применяют, получают новые продукты и развивают новые направления использования ППСУ.

На выбор решения и развитие утилизации ППСУ большое влияние оказывает общественное мнение. Сегодня невозможно представить того, чтобы общественность была согласна на приобретение земли для строительства отвала. Количественное и качественное развитие утилизации ППСУ позволяет увеличить количество рабочих мест и приобретать различные товары.

Все эти достижения стали возможными благодаря совместным усилиям многих специалистов и организаций Польского союза, предпринятых с тем, чтобы золы и шлаки не считались отходами, а правильным образом относились к побочным продуктам сжигания угля, имеющим очень богатые физико-химические и сырьевые свойства.

## ЛИТЕРАТУРА

- 1 **Raport Agencji Rynku Energii**. Warszawa 2007.
- 2 **Hycnar J.J.**, Szczygielski T.: Stan i perspektywy zagospodarowania popiołów lotnych i żużli rodzaju wapniowego. Karbo 2007 nr 1.
- 3 **Jarema-Suchorowska S.**, Szczygielski T., 2002a - Perspektywy gospodarowania ubocznymi produktami spalania w świetle krajowego planu gospodarki odpadami. IX Międzynarodowa Konferencja „Popioły z energetyki”. Ustroń, 8-11 października.
- 4 **Pachowski J.**: Popioły lotne i ich zastosowanie w budownictwie drogowym. WKiŁ. Warszawa 1976.

5. **Plewa F.**, Małysek Z.: Zagospodarowanie odpadów przemysłowych w podziemnych technologiach górniczych. Wyd. Politechniki Śląskiej. Gliwice 2001.
- 6 **Нуснар J.J.:** EUROCOALASH 2008 – weryfikacja popiołów ze spalania węgla. Energetyka 2009, nr 1.
7. **Gajda A.**, Jaworski W., Barc W.: Prognoza wytwarzania ubocznych produktów spalania w energetyce zawodowej do 2015 roku. Biuletyn Miesięczny PSE SA 2002, nr 11.
- Я. Хицнар, Т. Щигельски.** Утилизация побочных продуктов сжигания угля в Польше // Материалы II научно-практического семинара «Золошлаки ТЭС: удаление, транспорт, переработка, складирование», Москва, 23–24 апреля 2009 г. — М.: Издательский дом МЭИ, 2009. С. 37 – 40.