

УДК 620.9:662.613.1

## Использование отходов ТЭЦ ПАО «Иркутскэнерго»

© Т.В. Коваль, А.К. Абдульменова

*Иркутский национальный исследовательский технический университет,  
г. Иркутск, Российская Федерация*

**Аннотация.** В работе представлена проблема накопления и использования золошлаковых отходов от тепловых электрических станций, сжигающих твердое топливо. Проведен краткий анализ использования золошлаковых отходов в мире. Проанализированы данные по составу золошлаковых отходов ТЭС Иркутской области, что позволило оценить товарную значимость продуктов сжигания углей, поставляемых на ТЭЦ, и возможность их использования в качестве вторичного сырья в строительной индустрии.

**Ключевые слова:** энергетика, отходы ТЭЦ, зола, шлак, использование золошлаковых отходов, экология

## Use of Heat Station Waste in the Case of PJSC Irkutskenergo

© Tatyana V. Koval, Adela K. Abdulmenova

*Irkutsk National Research Technical University,  
Irkutsk, Russian Federation*

**Abstract.** The article presents the problem of accumulation and use of ash and slag waste from thermal power plants burning solid fuel. The article provides a brief analysis of the use of ash and slag waste in the world. The article analyzes data on the composition of ash and slag waste from thermal power-stations of the Irkutsk Region, which allowed evaluating the commercial value of coal combustion products supplied to the heat station and the possibility of their use as secondary raw materials in the construction industry.

**Keywords:** energy, waste from heat station, ash, slag, use of ash and slag waste, ecology

В России, как и в большинстве крупных экономически развитых стран мира, значительное количество тепловой и электрической энергии вырабатывается на тепловых электрических станциях (ТЭС), сжигающих органическое топливо. Основным топливом для ТЭС восточной части России является уголь.

При сжигании угля в топках энергетических котлов ежегодно образуются десятки миллионов тонн золошлаковых отходов (ЗШО), являющихся серьезным источником загрязнения окружающей среды.

Отвалы золошлаков ТЭС занимают большие площади, а их содержание требует значительных эксплуатационных затрат, которые влияют на повышение себестоимости производства энергоносителей. По мере роста количества ЗШО возрастает и площадь территорий, отводимых под золоотвалы, что приводит к изъятию их промышленного и сельскохозяйственного производства.

Золы и шлаки энергетической промышленности состоят на 95–98 % из свободных и связанных в химические соединения оксидов кремния, алюминия, железа, кальция, магния, титана, щелочей, сульфатов и сульфидов, поэтому золошлаки являются альтернативой для замены природного сырья в строительной

индустрии [1]. Так, например, добавление золы улучшает качество цемента и бетона. Шлаки и золы имеют хорошую перспективу для широкого их использования с целью ресурсосбережения.

Ежегодно на ТЭС России, работающих на твердом топливе, образуется около 50 млн тонн золы и шлака [2]. В их отвалах, общая площадь которых составляет более 20 тыс. км<sup>2</sup>, хранится 1,3–1,5 млрд тонн золошлаковых отходов, но только около 5–10 % от текущего выхода золошлаков используется для собственных нужд, в стройиндустрии, промышленности строительных материалов, дорожном строительстве и в других отраслях промышленности. Суммарное количество накопленных в Иркутской области золошлаков составляет более 80 млн тонн [3], при этом в золоотвалы ежегодно поступает около 2 млн тонн золы и шлака, из которых лишь малая доля находит применение.

Кроме того, мировые тенденции таковы, что доля потребления твердого топлива для производства тепловой энергии неуклонно возрастает и будет возрастать в дальнейшем [4, 5]. Причем дальнейшее увеличение использования твердого топлива, а именно угля, на ТЭЦ и котельных повлечет увеличение выхода золошлако-

вых отходов, что потребует расширения площадей существующих золошлаковых полей, а это, в свою очередь, ведет к повышению стоимости на их содержание и к отрицательному экологическому эффекту.

Проблеме утилизации золошлаковых отходов (ЗШО) за рубежом уделяется большое внимание, благодаря чему степень использования ЗШО от сжигания углей там значительно выше, чем в России. В угледобывающих странах, таких как Польша, Германия, США, доля используемого шлака составляет 20–40 %. В европейских странах, где сжигаются привозные малозольные угли, она достигает 80–100 %, в Нидерландах и Дании – почти 100 %. В последние годы там строят электростанции без золоотвалов, вся зола используется в строительной индустрии.

В России же доля используемой золы составляет не более 10 %. Это объясняется двумя причинами: доступностью природных ресурсов и недостаточной жесткостью законодательной базы.

К тому же полной утилизации ЗШО в России в принципе не может быть, так как отечественная энергетика с момента ее становления в 20-х годах ориентируется на сжигание низкосортного топлива, однако повысить процент использования вполне возможно [1]. Зольность углей, поставляемых на тепловые электростанции, колеблется от 5 % (канско-ачинские угли) до 40 % (экибастузский уголь).

Энергетика России получает всего лишь 5–7 % обогащенного угля. В США и Германии обогащению подвергается 70–100 % каменного угля, а его средняя зольность составляет около 10 %. Поэтому выход ЗШО на каждый выработанный киловатт-час в России в 3,5–4 раза выше, чем в любой другой стране мира.

Золошлаки могут неограниченно использоваться как добавки и наполнители при производстве широкого спектра строительных материалов (цемента, бетонов, растворов, кирпича и т. д.). Они хорошо зарекомендовали себя при укладке в земляное полотно автомобильных дорог. Известно около 300 технологий использования ЗШО. Определенную ценность ЗШО имеют в сельском хозяйстве при производстве удобрений.

Однако использование золы ТЭС в строительстве и других отраслях сталкивается со следующими проблемами [6]:

- отходы не переработаны в стабилизированный продукт, соответствующий строительным СНиПам, ГОСТам; рынку обычно предлагаются золошлаковые отходы (ЗШО) с очень нестабильными физико-химическими характеристиками;

- на ТЭС отсутствуют силосы двух- и трехсуточной емкости для усреднения в них физико-химических характеристик золы и накопительные силосы для хранения и отгрузки золы;

- у потребителей нет устройств для приемки и хранения золы;

- существуют значительные транспортные затраты на перевозку ЗШО;

- отсутствуют обязательные государственные законодательные документы, технико-экономические обоснования и стимулы к применению ЗШО предприятиями строительства и строительных материалов, сельского хозяйства и других отраслей.

Стоит отметить тот факт, что в США строители законодательно обязаны применять золу ТЭС в бетонах и растворах. Нарушители подвергаются экономическим санкциям со стороны государства. В Польше применяются мощные экономические рычаги, стимулирующие использование золошлаков.

В Западной Европе и в Японии практически ликвидированы золоотвалы при ТЭС. Сухая зола поступает в силосы, построенные рядом с главными корпусами ТЭС.

Например, в Германии на многих электростанциях емкость силосов составляет 40–60 тыс. тонн, и обязательно строятся небольшие силосы с суточной и двухсуточной емкостью. Из них отбираются пробы для лабораторного анализа золы. Путем перемешивания и объемного дозирования по фракционному составу зола доводится до соответствия нормативным требованиям, после чего зола перегружается в силосы-хранилища.

В Польше резко повышена цена на землю под золоотвалы, и поэтому ТЭС доплачивают потребителям золы для снижения затрат на ее хранение.

В Германии предпродажное хранение зол осуществляется только в силосах.

В Китае станции доставляют золу потребителям бесплатно.

В Великобритании и Германии действуют специализированные фирмы по сбыту золы и шлаков.

С учётом вышеизложенного необходимо искать перспективные направления использования отходов ТЭС в России и в Иркутской области, в частности. Для этого следует рассмотреть и проанализировать состав золошлаковых отходов ТЭС Иркутской области, а также оценить товарную значимость этих отходов в различных отраслях промышленности.

Итак, на территории Иркутской области действуют 9 тепловых электростанций (ТЭС), работающих преимущественно на бурых углях, общее потребление которых составляет более 16 млн тонн в год. В золоотвалы ежегодно поступает около 1,7–2,0 млн тонн золы и шлака, при этом суммарное количество накопленных ТЭС ПАО «Иркутскэнерго» золошлаков уже составляет более 80 млн тонн, из которых более 70 млн тонн располагается в природоохраняемой зоне озера Байкал.

В табл. 1 представлены размещённые на ТЭС ПАО «Иркутскэнерго» котельные агрегаты с указанием способа шлакоудаления, а также типы золоулавливающих установок.

Таблица 1

Котельные установки ТЭС Иркутской области

Наименование энергопредприятия	Котлы, твердое шлакоудаление (ТШУ), жидкое шлакоудаление (ЖШУ)	Золоулавливающие установки
Ново-Иркутская ТЭС (Н-ИТЭС)	БКЗ-420-140 (ТШУ) БКЗ-500-140 (ТШУ) БКЗ-820-140 (ТШУ)	электрофильтры, скрубберы с трубой Вентури электрофильтры электрофильтры
Шелеховский участок Н-ИТЭС	БКЗ-75-39ФБ (ТШУ)	скрубберы с трубой Вентури
Ново-Зиминская ТЭС (Саянск)	БКЗ-420-140-6 (ТШУ)	скрубберы с трубой Вентури, электрофильтры
Усть-Илимская ТЭС	БКЗ-420-140ПТ (ЖШУ) БКЗ-420-140-9 (ТШУ)	электрофильтры
Иркутская ТЭС-6 (Братск)	БКЗ-320-140ПТ (ЖШУ) БКЗ-320-140 ПТ (ЖШУ)	электрофильтры батареиные циклоны
ТИ и ТС ТЭС-6	БКЗ-75-39ФБ (ТШУ) БКЗ-75-39ФБ (ТШУ) КВ-ТК-100 (ТШУ)	электрофильтры
Иркутская ТЭС-9 участок № 1 (Ангарск)	Буккау-Вольф (ТШУ) ПК-10 (ТШУ)	электрофильтры
Иркутская ТЭС-9 (Ангарск)	ТП-85 (ТШУ) ТП-81 (ТШУ)	скрубберы с трубой Вентури
Иркутская ТЭС-10 (Ангарск)	ТП-10 (ТШУ) ПК-24 (ТШУ)	скрубберы с трубой Вентури скрубберы с трубой Вентури, однострунный эмульгатор
Иркутская ТЭС-11 (Усолье-Сибирское)	БКЗ-160-100ФБ (ТШУ) БКЗ-210-140Ф (ТШУ) ТП-85 (ТШУ) ТП-81 (ТШУ)	скрубберы с трубой Вентури
Иркутская ТЭС-12 (Черемхово)	БКЗ-75-39ФБ (ТШУ) ТП-30 (ТШУ)	скрубберы с трубой Вентури батареиные циклоны
Иркутская ТЭС-16 (Железногорск-Илимский)	БКЗ-75-39ФБ (ТШУ)	скрубберы с трубой Вентури

В котлах ТЭС ПАО «Иркутскэнерго» сжигаются в основном угли Иркутского бассейна, и один вид угля, ирбейский, привозится из Красноярского края (Канско-

Ачинский бассейн). В табл. 2 приведены характеристики некоторых топлив, сжигаемых на ТЭС Иркутской области.

Таблица 2

Технические характеристики различных видов топлив, поступающих на ТЭЦ ПАО «Иркутскэнерго»

Угольные разрезы	Марка, класс	Рабочая масса топлива, %							Низшая теплота сгорания, $Q_{d}^r$ , кДж/кг	Выход летучих $V^{daf}$ , %
		W <sup>r</sup>	A <sup>r</sup>	S <sup>r</sup>	C <sup>r</sup>	H <sup>r</sup>	N <sup>r</sup>	O <sup>r</sup>		
Азейский	ЗБ	25,0	12,8	0,4	46,0	3,3	0,9	11,6	17 770	48,0
Ирша-Бородинский	2Б	33,0	6,0	0,2	44,0	3,0	0,6	13,2	15 670	47,0
Мугунский	ЗБ	22,6	14,8	0,9	46,2	3,6	0,9	11,0	17 560	46,0
Переясловский	ЗБ	28,6	5,0	0,2	49,5	6,4	0,7	12,6	18 140	46,6
Ирбейский	2Б	38,9	8,7	0,2	36,1	2,1	0,6	13,4	18 060	47,5

Химический состав отходов ТЭЦ ПАО «Иркутскэнерго» отличается в зависимости от месторождений углей и от способа шлакоудаления. Примерное содер-

жание основных оксидов в золошлаках различных ТЭС Иркутской области представлено в табл. 3 [7].

Таблица 3

Состав золошлаковых отходов ТЭЦ ПАО «Иркутскэнерго»

ТЭЦ	Вид ЗШО	Содержание элементов в расчете на оксиды, %									Насыпная плотность, кг/м <sup>3</sup>
		SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	
Ново-Иркутская ТЭЦ	зола-уноса	57,5–50,25	0,7–0,76	14,5–32,12	5,8–7,30	13,0–6,19	1,6–1,16	0,4–0,75	1,6–0,12	0,7–0,46	750–1151
Шелеховский участок Н-ИТЭЦ	зола-уноса	47,3	0,7	22,1	19,5	4,9	2,7	0,2	0,3	1,71	922
	ЗШС	52,9–54,4	0,4–0,6	22,4–19,3	16,3–15,4	1,1–5,1	3,4–2,3	0,4–0,3	0,3–0,5	0,6–1,44	1002
Ново-Зиминская ТЭЦ	ЗШС	44,3–46,4	0,7–0,4	26,6–24,6	17,3–16,6	5,6–2,2	2,5–4,2	0,1	0,2	0,56–0,22	754
Усть-Илимская ТЭЦ	ЗШС	54,6–55,2	0,4	15,4–15,3	11,0–10,2	6,8–9,2	8,7–5,8	0,3–0,4	0,4–0,5	1,3–1,5	1339–1373
ТЭЦ-6	ЗШС	38,7–59,9	0,3–0,2	6,9–6,4	19,4–18,6	26,0–9,4	5,8–4,4	0,2–0,1	0,3	1,3–0,3	1066
ТИ и ТС ТЭЦ-6	зола-уноса	45,1–52,7	0,3–0,4	6,5–11,4	17,2–9,0	24,5–12,5	5,2–7,2	0,2–0,1	0,5–0,4	3,40–0,56	900
ТЭЦ-9 участок № 1	зола-уноса	50,66–61,60	0,80–0,60	24,62–21,90	9,16–5,70	10,09–4,00	1,61–1,8	1,51–0,8	0,30–2,0	0,76–0,2	706–728
	шлак	57,9	0,7	22,5	6,8	4,0	1,4	0,6	1,8	0,6	463–506
ТЭЦ-9	ЗШС	52,0–65,3	0,7–0,6	26,5–22,8	6,0–4,8	8,8–3,7	0,7–1,0	0,2–1,1	1,6–0,5	0,2	886
ТЭЦ-10	ЗШС	58,1–51,4	0,5–0,7	20,3–34,5	11,5–8,4	4,1–8,4	3,2–1,3	0,4–0,5	0,4–0,1	<0,5–1,2	704
ТЭЦ-12	ЗШС	57,7	0,4	22,5	10,5	0,8	4,2	0,4	0,5	0,41	680

ЗШС – золошлаковая смесь

В результате анализа состава отходов ТЭЦ ПАО «Иркутскэнерго» можно констатировать, что золошлаки могут использоваться в качестве добавок и наполнителей при производстве таких строительных материалов, как цемент, бетон, раствор, кирпич и др. Конечно, наиболее качественной для практического применения является зола-уноса сухого отбора,

она обладает наиболее стабильными свойствами, ценными для получения строительных материалов. Как видно из табл. 1, в системе ПАО «Иркутскэнерго» функционируют как сухие, так и мокрые системы золоулавливания, однако установки сухого золоулавливания и золоудаления предпочтительнее, так как они позволяют отгружать золу-уноса непосред-

ственно потребителю. Кроме того, необходимо рассмотреть установки грануляции золошлаковых материалов, которые позволят складировать гранулированные золошлаки в золоотвалах до их использования, при этом золошлаки не будут слеживаться и не потеряют своих потребительских свойств [6].

Одним из перспективных путей утилизации золошлаковых отходов ТЭС ПАО «Иркутскэнерго» является производство аглопоритового гравия [8]. Многие золошлаки ТЭС ПАО «Иркутскэнерго» имеют состав, приведенный в табл. 3 и соответствующий требованиям для производства аглопоритового гравия:  $\text{SiO}_2$  –  $55 \pm 10\%$ ;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  –  $25 \pm 10\%$ ;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  –  $10 \pm 8\%$ ;  $\text{CaO} + \text{MgO}$  – до  $12\%$ ;  $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$  – до  $5\%$ ;  $\text{SO}_3$  – до  $3\%$ . Кроме того, золошлаки ТЭЦ ПАО «Иркутскэнерго» можно применять при изготовлении легких бетонов, так как значение насыпной плотности сырья

при их изготовлении должно составлять не более  $1200 \text{ кг/м}^3$ , что также удовлетворяет этим требованиям. Стоит отметить, что требования санитарии, в том числе радиологический аспект, золошлаковые отходы ТЭЦ ПАО «Иркутскэнерго» обеспечивают полностью [9, 10].

Таким образом, мировой и отечественный опыт показывает, что золошлаковые отходы являются ценным минеральным сырьем, а именно золошлаковыми материалами для замены нерудных материалов в основном в строительной индустрии. В то же время строительные организации Иркутской области как в дорожном строительстве, так и в стройиндустрии применяют преимущественно природное сырье. Использование золошлаков ТЭЦ ПАО «Иркутскэнерго» не только снизит нагрузку на окружающую среду, но и даст возможность сократить потребление невозобновляемых природных ресурсов.

#### Библиографический список

1. Дик Э.П., Рябов Г.Л., Тутов А.Н., Соболева А.Н. Сравнение свойств золы от сжигания углей и нетрадиционных видов топлива // Теплоэнергетика. 2007. № 3. С. 60–64.
2. Вишня Б.Л., Уфимцев В.М., Капустин Ф.Л. Перспективные технологии удаления, складирования и использования золошлаков ТЭС. Екатеринбург: ГОУ ВПО «УГТУ-УПИ», 2006. 156 с.
3. Деятельность ЗАО «Иркутскзолопродукт» // Рекламный проспект ОАО «Иркутскэнерго». 2008. 4 с.
4. Абрамов А.И., Елизаров Д.П., Ремезов А.Н. Повышение экологической безопасности тепловых электростанций. М.: Изд-во МЭИ, 2001. 378 с.
5. Кашкаров П.Н. Экологические проблемы энергетики // Энергетик. 2010. № 3. С. 23–25.
6. Денисов Г.А. О предложениях по переходу промышленности стройматериалов РФ на ис-

пользование многотоннажных технологий на основе техногенного сырья. 2006. 7 с.

7. Иркутскзолопродукт: Ресурс повышения качества // Рекламный проспект ОАО «Иркутскэнерго». 2009. 16 с.

8. Тихонова А.И. Усовершенствование системы обращения с отходами тепловых электростанций Донецкой области [Электронный ресурс]. URL: <http://masters.donntu.org/2009/feht/tihonova/diss/index.htm> (05.11.2019).

9. Самусева М.Н., Шишелова Т.И. Золошлаковые материалы – альтернатива природным материалам // Фундаментальные исследования. 2009. № 2. С. 75–77.

10. Самусева М.Н., Шишелова Т.И. Использование ЗШО в качестве сорбента для очистки сточных вод // Современные наукоемкие технологии. 2008. № 5. С. 220–223.

#### Сведения об авторах / Information about the Authors

**Коваль Татьяна Валерьевна**, кандидат технических наук, доцент кафедры теплоэнергетики, Институт энергетике, Иркутский национальный исследовательский технический университет, 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, Российская Федерация, e-mail: [kovaltv@istu.irk.ru](mailto:kovaltv@istu.irk.ru)  
**Tatyana V. Koval**, Cand. Sci. (Technics), Associate Professor, Department of Heat Power Engineering, Institute of Energy, Irkutsk National Research Technical University, 83 Lermontov Str., Irkutsk, 664074, Russian Federation, e-mail: [kovaltv@istu.irk.ru](mailto:kovaltv@istu.irk.ru)

**Абдульменова Аделя Камильевна**, магистрант, Институт энергетике, Иркутский национальный исследовательский технический университет, 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, Российская Федерация, e-mail: [delinotchka@mail.ru](mailto:delinotchka@mail.ru)  
**Adela K. Abdulmenova**, Undergraduate, Institute of Energy, Irkutsk National Research Technical University, 83 Lermontov Str., Irkutsk, 664074, Russian Federation, e-mail: [delinotchka@mail.ru](mailto:delinotchka@mail.ru)