

3. Крейт Ф., Блэк У. Основы теплопередачи: Пер. с англ. – М.: Мир, 1983. – 512 с., ил.
4. Чиркин В. С. Теплофизические свойства материалов. Справочник. М.: ФИЗМАТГИЗ., 1959.- 356 с

Научный руководитель: А.Ю. Долгих, ст. преподаватель каф. ПГС и ПГУ ЭНИН ТПУ.

ИССЛЕДОВАНИЕ СЫРЬЯ НАКОПЛЕННОГО В ЗОЛОШЛАКООТВАЛАХ ТЭС СЖИГАЮЩИХ УГЛИ ОСНОВНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СИБИРИ

С.А. Лихач, А.С. Ильясова
Томский политехнический университет
ЭНИН, ПГС и ПГУ

Непрерывно развивающиеся технологии современного мира и растущие города требуют постоянного увеличения ресурсов электрической и тепловой энергии. Энергетические предприятия способны производить необходимое их количество, работая при этом на высоких нагрузках. С годами теплоэлектростанции увеличивают свою мощность, пропорционально растут необходимые объемы топлива и, как следствие, объемы отходов.

Ежегодно российская энергетика производит не только электроэнергию и тепло, но и 27–30 млн. тонн золошлаковых отходов (ЗШО) а накоплено уже в общей сложности более 1,5 млрд. тонн. При этом у 115 станций из 172, работающих на угле, емкость золошлакоотвалов практически исчерпана [1]. К примеру, за годы работы ТЭЦ-22 ОАО «Мосэнерго» на территории приблизительно 70 га накоплено около 6 млн. т ЗШО [2].

Отходы представляют собой смесь шлака и золы, которые образуются при сжигании топлива в паровых котлах теплоэлектростанции и прохождении дымовых газов через золоуловители, а также воды, необходимой для смывания данной смеси в общие каналы гидроудаления. Из этих каналов получившаяся пульпа при помощи насосов попадает по трубопроводу на золошлакоотвал. Золошлакоотвал представляет собой довольно большую, в несколько десятков гектар, площадь земли с чашеобразным углублением и наращенными бортами по периметру – дамбой. Дно золошлакоотвала и дамба состоят обычно из смеси гравийного грунта с песчаным наполнителем.

Продолжение поступления золошлаковой смеси на золошлакоотвал после его заполнения (с образованием насыпи) крайне нежелательно, так как существует большая вероятность пыления в процессе высыхания золошлаков, что может произвести неблагоприятное воздействие на объекты, находящиеся вблизи санитарно-защитной зоны золошлакоотвала: жилые комплексы, водоемы и прочее, фильтрация высокоминерализованной воды через грунты основания приводит к ее смешению с поверхностными и грунтовыми водами [3, 4]. Выделение земель для оборудования новых золошлакоотвалов практически не

поддерживается городскими администрациями в связи с существующим распределением большинства земельных участков (под строительство жилых комплексов, для сельскохозяйственного использования и т.д.), а также в связи с расположением там водных объектов. При размещении на таких участках золошлакоотвалов будет невозможно выдержать границы санитарно-защитной зоны, т.е. минимально возможное расстояние от дамбы золоотвала до природных и жилых объектов. Данное расстояние строго регламентируется Земельным кодексом РФ. Поэтому проблема реализации смеси золы и шлака в настоящее время особенно актуальна для российских теплоэлектростанций.

В настоящее время лишь малая часть ЗШО, менее 15 процентов, перерабатывается в других отраслях [5]. Основная же масса годами хранится в золошлакоотвалах, занимая ценные земли и ухудшая экологию. Золошлакоотвалы многих станций, учитывая их возраст, работают сверх проектного срока, что требует постоянного наращивания их емкостей. Таким образом, станции постоянно несут затраты на возведение или модернизацию подобных объектов. На некоторых станциях существует по два и даже по три золошлакоотвала. Естественно, станциям в этом случае приходится платить огромный налог на использование земельных ресурсов. В настоящее время ситуация усугубляется повсеместным переходом энергетики на угольное топливо.

Занимаясь решением проблемы утилизации, сначала необходимо классифицировать известные способы утилизации. Проанализировав литературные источники можно выделить следующие её направления:

- выемка ЗШО из золошлакоотвала с последующей перевозкой и заполнением выработанных угольных карьеров, либо использование в ландшафтных работах;
- использование ЗШО в строительстве (использование ЗШО в данной отрасли хорошо изучено и находит наибольшее применение);
- использование ЗШО в сельском хозяйстве в качестве раскислителя почвы и др;
- извлечение из ЗШО отдельных элементов;
- современные подходы к утилизации ЗШО, в большинстве своем находящиеся в стадии разработки.

Для определения приемлемых способов утилизации необходимо проведение исследований ЗШО, накопленных в золошлакоотвалах каждой отдельной станции. В первую очередь интересен химический состав данного вида отходов и его равномерность по чаше золошлакоотвала, затем необходимо определить физические характеристики (такие как плавкостные свойства, плотность, гранулометрический состав, удельная поверхность и пр.).

Прежде всего, превращение ЗШО в продукцию тепловой электростанции связано с составлением и утверждением в соответствующих экологических инстанциях паспорта на данный материал. Паспорт содержит в себе сведения о химическом составе, физико-химических и прочих свойствах. При составлении паспорта необходимо учитывать зависимость характеристик продукции от многих факторов, таких как: вид сжигаемого угля, способ сжигания, топочный ре-

жим, нагрузка котлоагрегата, тип золоулавливающих устройств и пр. Таким образом, в паспорте ЗШМ должны быть представлены диапазоны возможного разброса требуемых параметров продукта.

Таким образом, необходимо производить крупномасштабные исследования, результатом которых станет составление зависимости характеристик продукции от вышеперечисленных условий и различных их сочетаний [3].

С целью оценки пригодности ЗШО как техногенного сырья проведено обследование золошлакоотвала и изучение проб углей и ЗШО электростанций, сжигающих канско-ачинские и кузнецкие угли. Результаты сравнительных тестов приведены в таблице 1.

Табл. 1. Сравнение углей Кузнецкого и Канско-Ачинского бассейна

№ п/п	Характеристика		Кузнецкий бассейн	Канско-Ачинский бас- сейн, Ирша- Бородинское месторождение
				Угли
	1		2	3
1	Марка топлива		1СС	Б2
2	Рабочая масса топлива	W^P , %	9,0	33,0
3		A^P , %	18,2	6,0
4		$S^P_{к+ор}$, %	0,3	0,2
5		C^P , %	61,5	43,7
6		H^P , %	3,7	3,0
7		N^P , %	1,5	0,6
8		O^P , %	5,8	13,5
9	Низшая теплота сгорания, ккал/кг		5 700	3 740
10	Зольность на сухую массу, %		20,0	9,0
11	Максимальная влажность, %		--	36,0
12	Максимальная зольность, %		25,0	15,0
13	Максимальное содержание серы, %		--	0,5
14	Влажность гигроскопическая, %		1,6	12,0
15	Приведенная влажность, $\% * 10^3$ кг/ккал		1,58	8,82
16	Приведенная зольность, $\% * 10^3$ кг/ккал		3,20	1,61
17	Выход летучих на горючую массу, %		30,0	48,0
			Зола	
18	Темпера- тура плавл- кости зо- лы, °С	начало деформации	1100-1500	1 180
19		начало размягчения	1240-1500	1 210
20		начало жидкоплав- кого состояния	1280-1500	1 230

21	Химический состав золы на бессульфатную массу	SiO ₂ , %	60,0	47,0
22		Al ₂ O ₃ , %	20,8	13,0
23		TiO ₂ , %	0,83	--
24		Fe ₂ O ₃ , %	10,4	8,0
25		CaO, %	2,9	26,0
26		MgO, %	1,4	5,0
27		K ₂ O, %	2,61	0,5
28		Na ₂ O, %	0,6	0,5

Полученные данные коррелируют с опубликованными в [6]. При анализе таблицы 1 можно заключить, что исследуемая зола в основном идентична природным материалам, применяемым в строительстве (например, песок), основой которого является SiO₂, с низким содержанием оксида кальция, обогащенная оксидами алюминия. Состав золы делает ее перспективной также с точки зрения производства сульфата алюминия и глинозема, используемых при очистке сточных вод и в различных областях химической промышленности. Кроме того, в исследуемой золе содержится большое количество алюмосиликатных микросфер, используемых в нефтегазовой, химической промышленности, строительной отрасли и машиностроении [7, 8].

ЛИТЕРАТУРА:

1. Кожуховский И.С., Целыковский Ю.К. Угольные ТЭС без золошлакоотвала: реальность и перспективы // Энергетик. 2011. №6. С. 20-32.
2. Козлов М.М., Ильин В.Д., Целыковский Ю.К. Использование золошлаковых отходов ТЭЦ-22 в народном хозяйстве // Электрические станции. – 2005. – №11.
3. Yoo, S.-W., Cho, Y.K., Jung, S.-H., Lee, K.-M., Kwon, S.-J. Quality control for coal combustion products in South Korea through assessed pozzolanic-activity index with long-term property tests. Journal of material cycles and waste management. January 2016, Pages 1-18.
4. Середин В.В., Шпирт М.Я. Редкоземельные элементы в гуминовом веществе металлоносных углей // Литология и полезные ископаемые. 1999. – №3. – с. 281-286.
5. Hot, J., Sow, M., Tribout, C., Cyr, M. An investigation of the leaching behavior of trace elements from Spreader Stoker Coal Fly Ashes-based systems. Construction and Building Materials. Volume 110, 1 May 2016, Pages. 218-226.
6. Иноземцев А.С., Королев Е.В. Полые микросферы – эффективный заполнитель для высокопрочных легких бетонов // Промышленное и гражданское строительство. 2013. №10. с. 80-83.
7. Ismagilov, Z.R., Shikina, N.V., Zhuravleva, N.V., Potokina, R.R., Rudina, N.A., Ushakov, V.A., Teryaeva, T.N. Aluminosilicate microspheres from the fly ash of kuzbass coal-burning power stations. Solid Fuel Chemistry. Volume 49, Issue 4, 17 July 2015, Pages 245-253.

8. Кузьмина Т.И. Эколого-экономическая эффективность использования твердых угольных отходов (угольной золы) при производстве глинозема – сырья алюминиевой промышленности // Международный научно-исследовательский журнал. 2015. №7. С. 54-55.

Научный руководитель: Р.Н. Кулеш к.т.н., доцент каф. ПГС и ПГУ ЭНИН ТПУ.

ВЛИЯНИЕ СОЕДИНЕНИЙ ЖЕЛЕЗА НА ОБМЕННУЮ СПОСОБНОСТЬ КАТИОНИТА КУ-2-8

Е.В. Козлова
Томский политехнический университет
ЭНИН, ПГС и ПГУ, группа 5В51

Вода является доступным и сравнительно дешевым теплоносителем, однако в энергетике может представлять угрозу для водонагревательного оборудования и паровых котлов. Без надлежащей очистки примеси, содержащиеся в воде, могут образовывать отложения на стенках энергетического оборудования, интенсифицировать коррозию, способствовать вспениванию воды и уносить растворенные соли вместе с паром.

Для природных вод характерны следующие примеси:

1. Грубодисперсные примеси (песок, глина, остатки растительности)
2. Коллоидно-дисперсные примеси (соединения кремния, железа, органики)
3. Молекулярно-дисперсные примеси (соли, кислоты)

Грубодисперсные и коллоидно-дисперсные примеси удаляются на предочистке путем отстаивания дальнейшей коагуляции и фильтрации на механических фильтрах. Ионно-дисперсные примеси удаляются методом ионного обмена с применением синтетических смол. При использовании данного метода, часто возникает проблема, связанная с негативным влиянием различных форм железа на ионитный материал. Примеси железа в воде могут находиться в ионном, коллоидно-дисперсном виде, органических комплексов в коллоидном состоянии.

Данный факт является весомой проблемой, так как происходит отравление катионитов соединениями железа, что приводит к уменьшению основной характеристики катионита – обменной емкости.[1] Также железо способствует развитию железобактерий, которые получают энергию при окислении Fe^{+2} в Fe^{+3} , в результате в загрузке катионита может образоваться слизь.

Соединения Fe^{+2} находясь в ионном виде, вступают в обмен в первую очередь с ионами натрия и не наносят большой ущерб катионитам. Однако весомый удар на обменную емкость наносят соединения железа в коллоидном состоянии, из-за чего увеличивает расход регенерационного раствора.

Если примеси железа в ионном состоянии способны участвовать в обычных реакциях обмена, уменьшая тем самым рабочую обменную емкость катио-