

Золошлаковые отходы ТЭС и котельных. Инженерные изыскания. Утилизация



Золошлаковые отходы относятся к техногенным месторождениям полезных ископаемых. Они содержат большое количество редких металлов. Вместе с тем, эти отходы являются источником экологической опасности.

Автор рассказывает об особенностях инженерно-геологических изысканий для обоснования проекта утилизации золошлаковых отходов, а также собственно об утилизации золы и шлаков по инновационной технологии ВТГЭС, которая, как он обосновывает в статье, рентабельная, экологически чистая и безотходная.

Архангельский Игорь Всеволодович

Генеральный директор ООО «НПФ "НЕДРА"», кандидат геолого-минералогических наук,
г. Санкт-Петербург

ivaspbenergy@bk.ru

Общие сведения о золошлаковых отходах

Золошлаковые отходы образуются при сгорании угля для производства электроэнергии и тепла на ТЭС и в котельных. Накопленные отходы называют золошлаковыми отвалами (ЗШО). Отвалы являются источником повышенной экологической опасности и оказывают негативное влияние на здоровье человека, подземные и поверхностные воды, атмосферу, растительный и животный мир. ЗШО служат причиной отчуждения земель, которые практически безвозвратно изымаются из полезного пользования.

Вместе с тем, зола и шлак не являются токсичными, и непосредственный контакт с ними, например, при отборе образцов для химического анализа, не наносит вреда здоровью человека.

Химический состав ЗШО крайне неоднороден и колеблется в значительных пределах, поскольку для сжигания используются угли из разных месторождений, имеющих неодинаковый химический состав.

Очень важная особенность ЗШО – высокое содержание в отвале редких металлов.

Присутствуют и другие ценные химические элементы. К ним относятся благородные и цветные металлы.

По сути ЗШО являются вторичными ресурсами сырьевого значения, т.е. их можно рассматривать как техногенные месторождения полезных ископаемых.

Уже многие годы исследования по изучению химических элементов, содержащихся в техногенных продуктах, ведут специалисты московского Института минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов (ИМГРЭ). С помощью новейшей аппаратуры ими обнаружено 70 элементов (в их числе 35 редких металлов), в немалых количествах содержащихся в золошлаковых отвалах.

Необходимо отметить, что при сжигании углей концентрация ценных химических элементов в золе возрастает в 5–6 раз по отношению к исходной. Это позволяет говорить о приобретении вторичным сырьем новых свойств.

В золошлаковых отходах могут содержаться несгоревшие органические частицы топлива. Они играют важную роль при термической обработке отходов в процессе утилизации.

Приозерский золошлаковый отвал

В качестве примера в данной статье рассмотрен Приозерский ЗШО. Отвал расположен на северо-западном берегу Ладожского озера в Приозерском районе Ленинградской области. Представляет собой карьер размером 80х260 м неизвестной глубины. Карьер заполнен золой и шлаком, которые доставлялись гидротранспортом с теплоэлектростанции Приозерского мебельного комбината в течение 22 лет – с 1964 по 1986 годы. В отвале находится примерно 900 000 тонн золы и шлака, образовавшихся в результате сжигания около 3 500 000 тонн воркутинского угля.

В 1989 году из тела отвала учеными Ленинградского горного института под руководством проф. А.Н. Павлова были отобраны и исследованы в лаборатории ПГО «Севзапгеология» пробы золы и шлака. По данным лабораторных исследований основную массу отвала (около 90%) составляли алюмосиликаты – примерно 55% SiO_2 и 20% Al_2O_3 . Около 10% – это редкие, благородные и цветные металлы, а также небольшое количество других элем

Как следует из таблицы, содержание ряда редких металлов значительно превышает минимальные промышленные содержания этих элементов для россыпей. Особый интерес представляет скандий. Это редкий металл, цена которого одно время была на порядок выше цены золота. Благодаря уникальному сочетанию целого ряда свойств скандий пользуется повышенным спросом в авиационной, ракетной и лазерной технике. В отвале его содержится 27,2 т.

В рассматриваемом отвале также содержится 30,5 т ниобия и 217,5 т ванадия. Добавки в сталь всего 0,03–0,07% ниобия и 0,01–0,1% ванадия позволяют на 30–40% снизить вес конструкций при строительстве мостов, многоэтажных зданий, газо- и нефтепроводов. При этом срок службы конструкций увеличивается в 2–3 раза. Без ванадия невозможно современное автомобилестроение.

В отвале содержатся и другие редкие металлы, в том числе стратегические. Среди них, кроме указанных выше, обнаружены бериллий (7,4 т), германий (2 т), литий (113,1 т), цирконий (783 т).

Для данного ЗШО характерно очень высокое содержание редкого металла титана (7656 т).

Другие отвалы Северо-Запада имеют схожий состав.

Таблица. Содержание химических элементов в Приозерском золошлаковом отвале

№	Символ элемента	Название элемента	Содержание г/т	Запасы т
1	Ba	Барий	1200	1044
2	Be	Бериллий	8.5	7.4
3	As	Мышьяк	100	87
4	P	Фосфор	4500	3915
5	Ti	Титан	8800	7656
6	Mn	Марганец	1200	1044
7	Pb	Свинец	32.5	28.3
8	Cr	Хром	110	95.7
9	Ga	Галлий	32.5	28.3
10	Nb	Ниобий	35	30.5
11	Sn	Олово	5.5	4.8
12	Ge	Германий	2.3	2
13	Ni	Никель	145	126.2
14	Mo	Молибден	2.5	2.2
15	V	Ванадий	250	217.5
16	Li	Литий	130	113.1
17	Cu	Медь	90	78.3
18	Ag	Серебро	0.15	0.13
19	Y	Иттрий	57	49.6
20	Zn	Цинк	133	115.7
21	Zr	Цирконий	900	783
22	Co	Кобальт	42.5	37
23	Sr	Стронций	3500	3045
24	Sc	Скандий	31.3	27.2

С течением времени химический состав отвала не остается постоянным. С одной стороны, ряд элементов накапливается в отвале, адсорбируясь на частицах золы, с другой – происходит вынос некоторых элементов фильтрующимися сквозь отвал водами (дожди, талые воды). Фильтрующаяся вода (фильтрат) через подземный водоносный горизонт поступает в находящееся в 100 м озеро Дроздово и Ладожское озеро.

Таким образом, в течение многих лет Приозерский ЗШО является активным загрязнителем Ладожского озера, подземных вод и атмосферы. Поэтому скорейшая ликвидация отвала крайне необходима для оздоровления природной среды. Иными словами, экологическая целесообразность полной переработки (утилизации) Приозерского ЗШО на безотходных принципах не вызывает сомнения. Но для эффективного выполнения этой работы необходимо проведение тщательных инженерно-геологических изысканий.

Инженерно-геологические изыскания для обоснования проекта утилизации золошлаковых отходов

В состав инженерно-геологических изысканий ЗШО входят: топографическая съемка, рекогносцировочное обследование, бурение скважин, отбор образцов золы и шлака, лабораторные исследования образцов, камеральные работы.

- *Топографическая съемка.* Производится со спутника или с помощью дрона.
 - *Рекогносцировочное обследование.* Производится для оценки геоморфологических условий, определения проходимости – удовлетворительная, плохая, очень плохая, выявления посторонних объектов, например, несанкционированных свалок твердых бытовых отходов на теле ЗШО.
 - *Бурение скважин.* Бурение ведется переносной буровой установкой шнековым способом рейсами до 2 м. После каждого рейса буровой снаряд поднимается на поверхность и очищается от золы и шлака. Бурение ведется на всю мощность ЗШО. Скважины бурятся по сетке 40х40 м. Глубина бурения – от 5 до 20 м.
 - *Отбор образцов золы и шлака.* С каждого рейса бурения отбирается зола и шлак в полном объеме для лабораторных исследований.
 - *Лабораторные исследования.* В лаборатории производится химический анализ всех отобранных образцов золы и шлака. В 10% образцов выполняется гранулометрический анализ. По результатам химического анализа составляется карта распространения ценных химических элементов.
- Современные тенденции в области утилизации золошлаковых отходов характеризуются детальным исследованием состава и свойств отдельных фракций золы и шлака с целью более эффективного использования [3]. Интересно установить взаимосвязь размера частиц золошлакового материала и вида химического элемента.
- *Камеральные работы.* К ним относятся: составление программы инженерно-геологических изысканий, камеральная обработка материалов геодезической съемки, камеральная обработка рекогносцировочного обследования, камеральная обработка материалов бурения скважин, камеральная обработка материалов лабораторных исследований, составление технического отчета по результатам инженерно-геологических изысканий. На основании технического отчета разрабатывается проект утилизации отходов.

Инновационная технология «Высокотемпературная газификация с электротермической стабилизацией ВТГЭС»

ВТГЭС – это технология комплексного использования (утилизации) ЗШО без предварительной подготовки с получением в одну стадию высококачественных строительных материалов (теплоизоляции) и концентратов редких металлов. Кроме того, при наличии в сырье углерода получают тепловую и электрическую энергию. Утилизация отходов по технологии ВТГЭС является рентабельной, экологически чистой и безотходной. Утилизируются все полезные компоненты ЗШО.

По технологии ВТГЭС успешно утилизированы золошлаковые отходы в Бельгии и на Украине.

Основным технологическим агрегатом процесса служит реактор (газогенератор) ВТГЭС, состоящий из шахтной печи и электрошлаковой печи. Промышленный модуль включает также систему очистки и охлаждения генераторного газа. Максимальная площадь, занимаемая модулем – 100 м².

Отходы и топливо (уголь и пр.) загружаются сверху в приемный бункер реактора ВТГЭС в равных количествах. При этом необходимо обеспечить постоянное заполнение шахты газогенератора. Размер загружаемых кусков до 200 мм. Влажность – до 70%, зольность – до 80%. Ниже бункера расположены камера газификации, электроплавильная шлаковая камера. Ширина помещения камер – 2,8 м. Общая высота реактора – 4,5 м.

Углеродсодержащее сырье подвергается двухстадийной высокотемпературной газификации по принципу обращенного процесса с жидким шлакоудалением. Температура газификации – 1500–1650°C. Первая стадия проходит в шахте генератора, вторая – в шлаковой ванне. Углеродсодержащее сырье преобразуется в генераторный газ. Основные компоненты генераторного газа – CH_4 , H_2 , CO , CO_2 , N_2 .

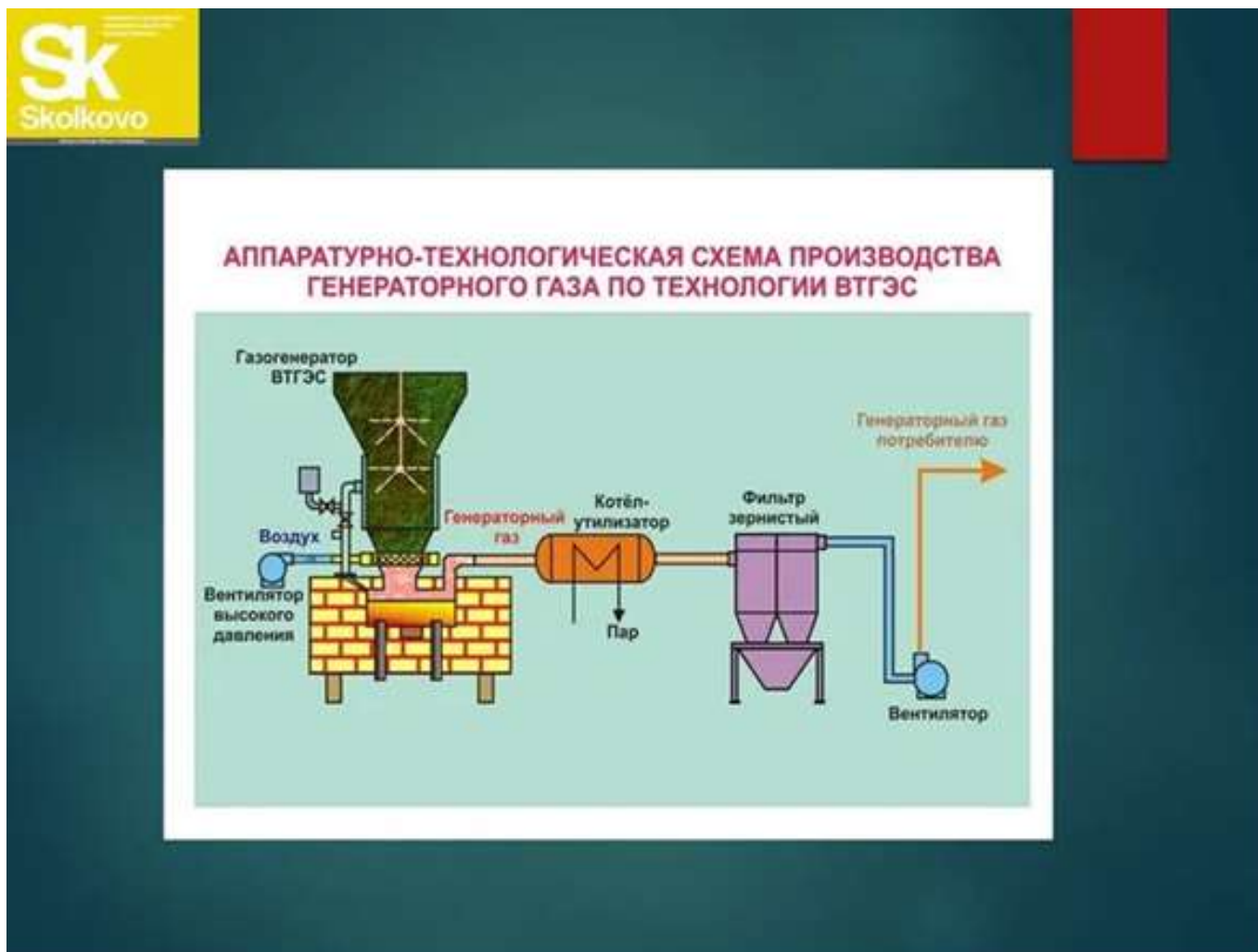


Рис. 1. Аппаратурно-технологическая схема производства генераторного газа по технологии ВТГЭС

В зависимости от состава отходов система газоочистки аппаратно может быть представлена металлопористым фильтром, зернистым фильтром с активным наполнителем, промывателями газа и рукавными фильтрами. Пыли и шламы газоочистки возвращаются в реактор.

После системы газоочистки генераторный газ подается на генерацию тепла и электроэнергии.

Таким образом утилизируются все полезные компоненты ЗШО:

- минеральные компоненты используются для производства теплоизоляции;
- углерод (недожиг угля) служит энергоносителем, отдавая в процессе сжигания золото в коллекторный сплав;
- редкие металлы (титан, ванадий, литий, цирконий, литий, ниобий, иттрий, галлий, скандий, бериллий, молибден) извлекаются в возгоны с получением концентратов;

разделение редких металлов из концентратов производится по технологиям гидрометаллургии;

- благородные металлы (серебро, золото, платина) извлекаются в коллекторный сплав.

Безотходность производства позволяет отнести технологию к высшей степени экологической безопасности.

При этом концентраты редких металлов и коллекторный сплав благородных металлов получают в качестве побочного продукта без дополнительных капитальных затрат. При определенных условиях именно эти продукты могут быть главной целью переработки ЗШО.



Золошлаковый отвал. Источник: «Все о переработке и утилизации отходов»
<https://musorish.ru>

Расчет прибыли от производства теплоизоляционных материалов

Шлаковый расплав является базовым полуфабрикатом для получения теплоизоляции – его доля в себестоимости конечного продукта – теплоизоляционных плит – составляет 77%. Из них сырье – 66%, энергозатраты – 11%.

Для получения теплоизоляции используется промышленный модуль производительностью 15000 т золошлакового расплава в год или 80000 м³ теплоизоляционных плит. Из 1 т расплава производится 5,33 м³ плит.

При стоимости электроэнергии 500 руб за кВт/час, себестоимость плит из ЗШО равна:

$$C_{\text{шзо}} = 500 / 0,77 / 5,33 = 122 \text{ руб/м}^3.$$

Оптовая цена теплоизоляционных плит составляет 3000 руб/м³.

Валовый доход от продаж:

$$П_{\text{зшо}} = (3000 - 122) \times 80000 = 230\,240\,000 \text{ руб.}$$

Капиталовложения в создание модуля производительностью 15000 т золошлакового расплава в год составляют 80 000 000 руб.

Таким образом, прибыль от утилизации Приозерского ЗШО благодаря продаже теплоизоляционного материала может составить не менее 150 240 000 руб.

Срок окупаемости 0,5 – 1 год.

Результаты расчетов свидетельствуют о высокой экономической эффективности используемой технологии.

Список литературы

1. Архангельский И.В. Извлечение строительных материалов и редких металлов. Интерес изыскателей. // ГеоИнфо. 21 января 2018 года.
2. Корнеев А.В. Инновационная технология организации безотходного производства утилизации золошлаковых отходов. Проблемы экологии, безопасности жизнедеятельности природопользования Дальнего Востока и стран АТР (Материалы II международной конференции 25-26 октября 2006 г.), Владивосток, стр. 287-291.
3. Мингалеева Г.Р., Шамаутдинов Э.В., Афанасьева О.В., Федотов А.И., Ермолаев Д.В. Современные тенденции переработки и использования золошлаковых отходов ТЭС и котельных // Современные проблемы науки и образования. 2014. №6.
4. Исследование возможностей комплексной переработки отходов предприятий энергетики Приморского края. Шамрай И.И. и др.// Современные наукоемкие технологии. 2017. №3, с. 68-75.
5. Целыковский Ю.К. Экологические и экономические аспекты утилизации золошлаков ТЭС (Всероссийский теплотехнический институт), источник: <http://bibliofond>