

6. Н.А. Сорокина. Коррекционные речевые игры, упражнения и сценки. – М.: В. Секачев, 2010. – 256 с.
7. Норман Дойдж. Пластичность мозга: Потрясающие факты о том, как мысли способны менять структуру и функции нашего мозга. – М.: Эксмо, 2010. – 544 с.
8. В.М. Шкловский, Т.Г. Визель. Восстановление речевой функции у больных с разными формами афазии. – М.: В. Секачев, 2011. – 100 с.
9. Н.В. Кошелева. Тематические лексико-грамматические упражнения для взрослых и детей с нарушениями речи. – М.: АСТ, Астрель, 2011. – 208 с.
10. Т.Г. Визель. Логопедические упражнения на каждый день для выработки четкой речи. – М.: Секачев В. Ю., 2011. – 16 с.
11. Н.Н. Амосова, Н.И. Каплина. Практические задания по восстановлению речи у больных, перенесших инсульт, черепно-мозговую травму и другие заболевания головного мозга. Рабочая тетрадь №3. Практический материал для работы над прилагательными. – М.: В. Секачев, 2012. – 44 с.

### ПЛАЗМЕННАЯ ПЕРЕРАБОТКА ШЛАМОВ С СОДЕРЖАНИЕМ ЖЕЛЕЗА И МАСЕЛ

*Е.С. Алюков, И.Ю. Новоселов*

*Томский политехнический университет*

*634050, г. Томск пр. Ленина 30, тел. (3822)-12-34-56*

*E-mail: john.judo@mail.ru*

**Аннотация:** Ежегодно прирост шламов с содержанием железа и масел на предприятиях черной металлургии составляет миллионы тонн в год. В работе была произведена оценка переработки замасленных железосодержащих шламов в условиях воздушной плазмы высокочастотного факельного разряда. Данный вид переработки промышленных отходов имеет ряд преимуществ и позволяет сократить энергопотребление за счет добавления органического компонента. Анализ полученных равновесных составов показывает, что в процессе плазменной переработки образуются, в основном,  $N_2$ ,  $CO_2$  и  $H_2O$ , а в конденсированной фазе – простые и сложные оксиды металлов, включая немагнитный оксид железа  $Fe_2O_3(c)$ .

**Abstract:** The annual increase in sludge with iron and oil content at ferrous metallurgy enterprises amounts to millions of tons per year. In this paper, we evaluated the processing of oily iron-containing sludges under conditions of high-frequency flare discharge air plasma. This type of industrial waste recycling has several advantages and reduces energy consumption by adding an organic component. Analysis of the obtained equilibrium compositions shows that during plasma processing mainly  $N_2$ ,  $CO_2$  and  $H_2O$  are formed, and in the condensed phase, simple and complex metal oxides, including non-magnetic iron oxide  $Fe_2O_3(c)$ .

#### **Актуальность.**

Одной из проблем предприятий черной металлургии является переработка замасленной окалины и шламов, ежегодный прирост которых достигает миллионов тонн в год. Особый интерес при этом представляют замасленные железосодержащие шламы (ЗЖШ) донных иловых отложений шламонакопительных систем, содержание железа в которых достигает 45–63 %, что позволяет считать их ценным техногенным сырьем.

Переработка ЗЖШ в настоящее время решается, в основном, путем обезмасливания с последующей утилизацией [1-3]. Однако химическое (отмывка химическими реагентами) и термическое (выжигание масла) обезмасливание – дорогостоящие процессы, создающие дополнительные экологические проблемы по регенерации промывных вод и очистке отходящих газов. Поэтому разработка эффективной технологии обезмасливания и комплексного использования ЗЖШ является актуальной для предприятий черной металлургии.

#### **Методы исследования.**

Расчет составов композиций, термодинамическое моделирование, анализ расчетных данных.

#### **Цели и задачи.**

Целью данной работы является оценка возможности переработки железосодержащих замасленных шламов в условиях воздушной плазмы высокочастотного факельного разряда. Для достижения цели ставился ряд задач: определение оптимальной по составу водно-органической композиции (ВОК), состоящей из шламов, масла и воды; проведение термодинамического моделирования процесса плазменной обработки ВОК в воздушной плазме; анализ результатов расчетов и выдача рекомендаций по реализации процесса.

### Расчет ВОК.

Существенное снижение энергозатрат может быть достигнуто при плазменной обработке ЗЖШ в виде горючих водно-органических композиций (ВОК) [4]. Объективным показателем горючести таких композиций является их адиабатическая температура горения  $T_{ад}$  [5]:

$$T_{ад} = \frac{Q_n^p + C_{омх} \cdot t_{омх} + \alpha v_{ок}^0 \cdot C_{ок} \cdot t_{ок}}{V_{уд} \cdot C_{уд}},$$

где  $Q_n^p = \frac{(100 - W - A) \cdot Q_n^c}{100} - \frac{2,5 \cdot W}{100}$  – низшая теплота сгорания композиции, МДж/кг;

$Q_n^c$  – низшая теплота сгорания горючего компонента композиции, МДж/кг;

W и A – содержание воды и негорючих минеральных веществ в ВОК, %;

2,5 – скрытая теплота испарения воды при 0 °С, МДж/кг;

$C_{отх}$  – средняя массовая теплоемкость композиции, кДж/(кг·град);

$t_{отх}$  – температура композиции, °С;

$\alpha$  – коэффициент расхода окислителя;

$v_{ок}^0$  – теоретический расход окислителя, м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>;

$C_{ок}$  – средняя теплоемкость окислителя, кДж/(м<sup>3</sup>·град);

$t_{ок}$  – температура окислителя, °С;

$V_{уд}$  – удельный объем, м<sup>3</sup>/кг;

$C_{уд}$  – удельная теплоемкость, кДж/(кг·°С).

На рисунке 1 показано влияние содержания масла на адиабатическую температуру горения ВОК на основе ЗЖШ при разном содержании механических примесей в композициях.

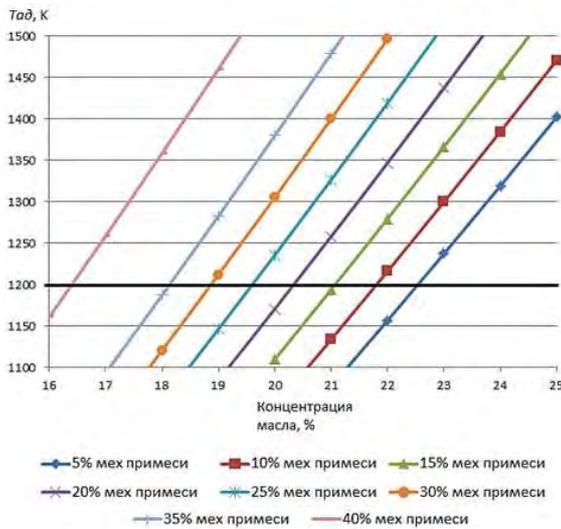


Рис. 1. Влияние содержания масла на адиабатическую температуру горения ВОК на основе ЗЖШ при разном содержании механических примесей в композициях

В результате проведенных расчетов определена оптимальная по составу водно-органическая композиция (состав – 40 % ЖШ : 42 % вода : 18 % масло), она имеет  $T_{ад} \approx 1200$  °С и обеспечивает энергоэффективную обработку ЗЖШ в воздушной плазме. Теплота сгорания такой горючей композиции достигает  $\approx 5,7$  МДж/кг, что позволяет получать в процессе ее плазменной обработки до 1,6 МВт/ч-т тепловой энергии, которую можно использовать для технологических и бытовых нужд.

### Термодинамическое моделирование плазменной обработки ВОК.

Для расчета равновесных составов газообразных и конденсированных продуктов плазменной обработки ЗЖШ использовалась программа TERRA. Расчеты проведены при атмосферном давлении (0,1 МПа), в широком диапазоне температур (300–4000) К и массовых долей воздушного плазменного теплоносителя (0,1 – 0,9). Для моделирования использован следующий характерный состав ЗЖШ: Fe – 44,2 %, SiO<sub>2</sub> – 20,38 %, CaO – 1,15 %, Ca – 7,34 %, MnO – 0,59 %, Mn – 0,75 %, Mg – 0,48 %, Zn – 0,09 %, H<sub>2</sub>O – 9,57 %, C<sub>14</sub>H<sub>10</sub> – 13,43 %.

На рисунке 2 представлены характерные равновесные составы основных газообразных (а) и конденсированных (б) продуктов обработки ЗЖШ в воздушной плазме в виде ВОК при массовой доле воздушного теплоносителя 74 %.

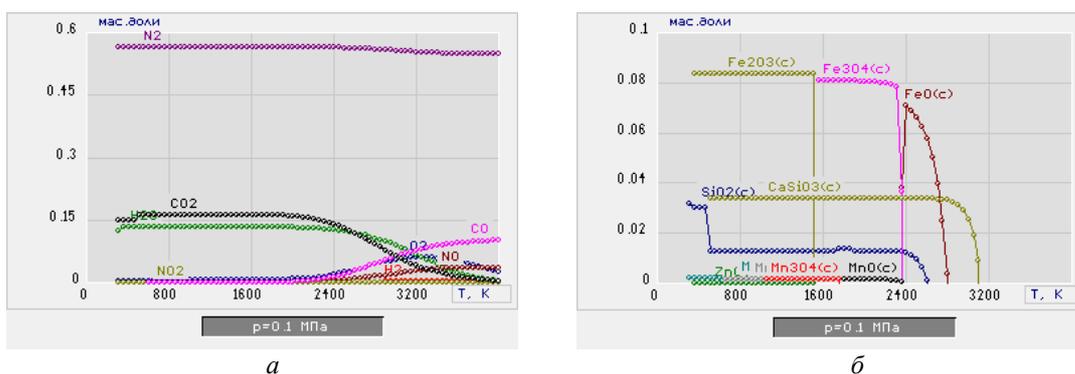


Рис. 2 – Равновесный состав газообразных (а) и конденсированных (б) продуктов обработки ЗЖШ в воздушной плазме в виде ВОК (74 % воздух : 26 % ВОК)

Из анализа равновесных составов следует, что при массовой доле воздуха 74 % и температурах до 1600 К в газовой фазе образуются, в основном,  $N_2$ ,  $CO_2$  и  $H_2O$ , а в конденсированной фазе – простые и сложные оксиды металлов, включая немагнитный оксид железа  $Fe_2O_3(c)$ .

На рисунке 3 представлены характерные равновесные составы основных газообразных (а) и конденсированных (б) продуктов обработки ЗЖШ в воздушной плазме в виде ВОК при массовой доле воздушного теплоносителя 73 %.

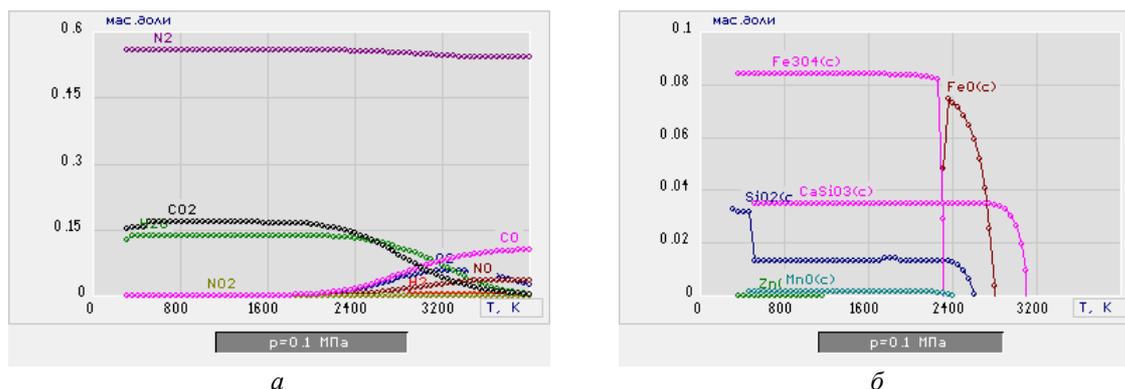


Рис. 3. Равновесный состав газообразных (а) и конденсированных (б) продуктов обработки ЗЖШ в воздушной плазме в виде ВОК (73 % воздух : 27 % ВОК)

Снижение массовой доли воздушного теплоносителя с 74 % до 73 % (рис. 3) приводит к образованию (при температурах до 1600 К) в конденсированной фазе простых и сложных оксидов металлов, но включая уже магнитный оксид железа  $Fe_3O_4(c)$ .

Отсутствие сажи и незначительное количество  $CO$  и  $NO$  указывают на то, что процесс плазменной обработки ЗЖШ в виде ВОК идёт в оптимальном режиме с получением в конденсированной фазе магнитного оксида железа. Дальнейшее понижение массовой доли воздушного теплоносителя приводит к увеличению в газовой фазе содержания  $CO$  и появлению в конденсированной фазе значительного количества сажи  $C(s)$ .

Наличие магнитного оксида железа в составе твердых продуктов плазменной обработки ЗЖШ позволит применить магнитное осаждение (магнитную сепарацию) для эффективного извлечения твердых дисперсных железосодержащих продуктов плазменной обработки ЗЖШ из водных суспензий. Эти суспензии образуются при взаимодействии продуктов, получающихся после плазменной обработки ВОК, с водой в узле мокрой очистки газов, отходящих из плазмохимического реактора.

#### Выводы.

С учётом полученных результатов для практической реализации процесса плазменной обработки ЗЖШ в воздушной плазме могут быть рекомендованы следующие оптимальные режимы:

- состав ВОК: 40 % ЗЖШ: 42 % вода: 18 % масло;

- массовое отношение фаз: 73 % воздух: 27 % ВОК;
- интервал рабочих температур:  $1500 \pm 100$  К.

Результаты проведенных исследований могут быть использованы при создании технологии плазменной утилизации замасленных железосодержащих шламов и других отходов предприятий черной металлургии.

Список литературы:

1. Сомова Ю.В. Технологии переработки железосодержащих шламов металлургического производства/Ю.В. Сомова, В.Х. Валеев // Научные основы и практика переработки руд и техногенных отходов: Материалы международной науч.-техн. конф. – Екатеринбург: Изд. «Форт Диалог-Исеть», 2013. – С. 301–305.
2. Технология утилизации замасленной окалины при производстве кокса /КекухА.В., Линецкий Б.М., Крипак С.Н. и др. //Сб. тр. между. науч.-техн. конф. - Кривой Рог., 24-27 мая 2004 г.- С. 587–590.
3. Ладыгичев М.Г., Чижикова В.М. Сырье для черной металлургии: Справочное издание: в 2-х т. Т.2. Экология металлургического производства/М.Г. Ладыгичев, В.М. Чижикова. – М.: Теплотехник, 2005. – 448 с.
4. Каренгин А.Г., Каренгин А.А., Ковалев А.В., Новоселов И.Ю. Расчет и оптимизация процесса плазменной утилизации горючих отходов переработки отработавшего ядерного топлива // Известия высших учебных заведений. Физика. – 2014. – Т. 57. – № 2-2. – С. 31–34.
5. Каренгин А.А., Новоселов И.Ю. Модель кинетики испарения капель диспергированных водных растворов в виде горючих композиций в воздушно-плазменном потоке // Перспективы развития фундаментальных наук: сборник научных трудов XIII Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых – Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 2016. – С. 60–62.

#### АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА ОБРАЩЕНИЯ С ОТРАБОТАННЫМИ СВИНЦОВО-КИСЛОТНЫМИ АККУМУЛЯТОРАМИ

*А. С. Литвиненко, бакалавр, Ю.Н. Картушина, к.г.-м.н, доцент  
Волгоградский государственный технический университет, г. Волгоград  
400005, г. Волгоград пр. им. Ленина 28, тел. 89044207335  
E-mail: trytoeraset@mail.ru*

**Аннотация:** Проведен анализ состояния вопроса обращения с отработанными свинцово-кислотными аккумуляторными батареями. Рассмотрены основные способы, применяемые при их переработке. Выявлена наиболее оптимальная электрохимическая технология.

**Abstract:** In the article analyses the issue of treatment of spending lead-acid batteries. Considers the main methods of their processing. Reveals the optimal electrochemical technology.

В настоящее время отработанные аккумуляторные батареи представляют огромную опасность для здоровья человека и окружающей среды. Основной вред заключается в материалах, используемых при их производстве. Наибольшее распространение получили два типа аккумуляторов: кислотные и щелочные. При этом первые применяются значительно шире. В их составе присутствует серная кислота в разбавленном виде, свинец и ряд других металлов. В щелочных аккумуляторах к вредным веществам относятся щёлочь, никель и некоторых другие компоненты. Стоит отметить, что ущерб природным экосистемам наносят и менее опасные составные части батарей, например, пластик от корпусов [1].

С точки зрения обеспечения экологической безопасности стоит обратить особое внимание на свинцово-кислотные аккумуляторы (свинцовые АКБ), среди всех автономных химических источников тока (ХИТ) они прочно занимают первое место и используются уже около 150 лет. За это время многократно улучшились характеристики АКБ, в том числе повысился срок службы и существенно расширилась область применения. Оптимальной альтернативы их применению в транспортных средствах и других областях пока нет [2].

Вместе с тем отработанные свинцовые АКБ (срок эксплуатации составляет до 3-х лет) экологически опасны. Причина заключается в токсичности содержащегося в них свинца (до 60% от массы АКБ) и химической агрессивности кислотного электролита.