

**ПЛАЗМОХИМИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ ОКСИДНЫХ КОМПОЗИЦИЙ ИЗ ОТХОДОВ
ВОДОПОДГОТОВКИ**Е.С. Лихачева, А.А. Каренгин

Научный руководитель: доцент, к.ф.-м.н. А.Г. Каренгин

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: lihac1997@gmail.com

**PLASMACHEMICAL SYNTHESIS OF OXIDE COMPOSITIONS FROM WATER TREATMENT
WASTES**E.S. Lihacheva, A.A. Karengin

Scientific Supervisor: Ass. Prof., PhD A.G. Karengin

Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

E-mail: lihac1997@gmail.com

***Abstract.** The paper presents the results of thermodynamic modeling of the process of joint plasma treatment of non-combustible and combustible industrial wastes. The compositions of sludge-organic suspensions based on these wastes and regimes providing their energy-efficient joint treatment in air plasma have been determined*

Введение. На томском подземном водозаборе в процессе подготовки воды из подземных источников ежегодно образуются до 3000 т отходов (шламов) в виде водных суспензий гидроксидов металлов, имеющих в пересчете на оксиды металлов следующий состав: (0,2-0,3 %) Na_2O ; (0,3-0,4 %) K_2O ; (2,8-5,2 %) CaO ; (2,0-4,7 %) MgO ; (42,0-44,5 %) Fe_2O_3 ; (2,0-3,0 %) MnO ; (0,5-1,0 %) Al_2O_3 ; (0,04 %) TiO_2 ; (2,5-5,5 %) SiO_2 ; (3,0-5,0 %) P_2O_5 , H_2O – остальное [1,2]. Эти шламы сбрасывают в природные водоемы, находящиеся в особо охраняемой пригородной зоне междуречья Томи и Оби. Подобные шламы образуются на станциях обезжелезивания городов Стрежевой, Кедровый и других населенных пунктов Томской области, потребляющих питьевую воду из подземных источников с большим содержанием железа и марганца. Другим крупным источником отходов в регионе является компания ООО «Сибметакхим», где ежегодно образуется до 3500 т горючих отходов производства метанола (ГОПМ), имеющих следующий состав: метиловый спирт - (50-70 %); этиловый спирт - (2,6-5,3 %); пропиловый спирт и другие высшие спирты – (2,5-4,7 %), вода – остальное [3]. Эти отходы усугубляют экологическую ситуацию в регионе. Применяемые традиционные термические технологии получения порошков (пигментов) из отходов водоподготовки (ОВП) многостадийны, требуют значительных энергозатрат (до 4 МВт·ч/т) и экологически не безопасны [4]. Совместная плазмохимическая переработка этих отходов в виде шламоорганических суспензий позволит обеспечить не только снижение затрат электрической энергии на их переработку (до 0,1 МВт·ч/т), но и дополнительное получение тепловой энергии для технологических и бытовых нужд (до 2 МВт·ч/т) [5].

Методы исследования. Жидкими горючими композициями считают композиции с низшей теплотворной способностью не менее 8,4 МДж/кг [6]:

$$Q_{\text{н}}^{\text{p}} = \frac{(100 - W - A) Q_{\text{н}}^{\text{c}}}{100} - \frac{2,5W}{100},$$

где $Q_{н}^{\circ}$ – низшая теплотворная способность горючего компонента композиции, МДж/кг; W и A – содержание соответственно воды и негорючих минеральных веществ в композиции, %; 2,5 – скрытая теплота испарения воды при 0 °С, МДж/кг.

В таблице 1 представлены результаты расчетов низшей теплотворной способности различных по составу горючих отходов производства метанола.

Таблица 1

Результаты расчетов низшей теплотворной способности горючих отходов производства метанола

№ пробы	H ₂ O, %	CH ₄ O, %	C ₂ H ₆ O, %	C ₃ H ₈ O, %	Q _н ^р , МДж/кг
1	20,0	70,0	5,3	4,7	13,0
2	22,6	69,4	4,4	3,6	11,9
3	26,7	66,2	3,7	3,4	10,5
4	30,2	63,6	3,3	2,9	9,3
5	33,0	61,5	3,0	2,5	8,4

Из анализа представленных данных (табл. 1) следует, что эти отходы могут быть использованы как для совместной плазменной обработки ОВП и ГОПМ (п.1-п.4), так и для получения тепловой энергии (п.5). В результате проведенных теплотехнических расчетов также определены оптимальные по составу шламоорганические суспензии с максимальным содержанием ОВП, имеющие $Q_{н}^p \approx 8,4$ МДж/кг: ШОС-1 (17,5 % ОВП : 82,5 % ГОПМ).

Для определения оптимальных условий процесса проведены расчёты равновесных составов газообразных и конденсированных продуктов совместной плазменной обработки композиции ШОС-1. Расчёты проведены при атмосферном давлении (0,1 МПа), в широком диапазоне температур (300÷4000 К) и для различных массовых долей воздушного плазменного теплоносителя (10÷90 %). Для расчётов использовалась лицензионная программа «TERRA».

На рисунке 1 показано влияние температуры на равновесный состав газообразных (а) и конденсированных (б) продуктов совместной плазменной обработки ОВП и ГОПМ в виде композиции ШОС-1 при исходной массовой доле воздуха 83 %.

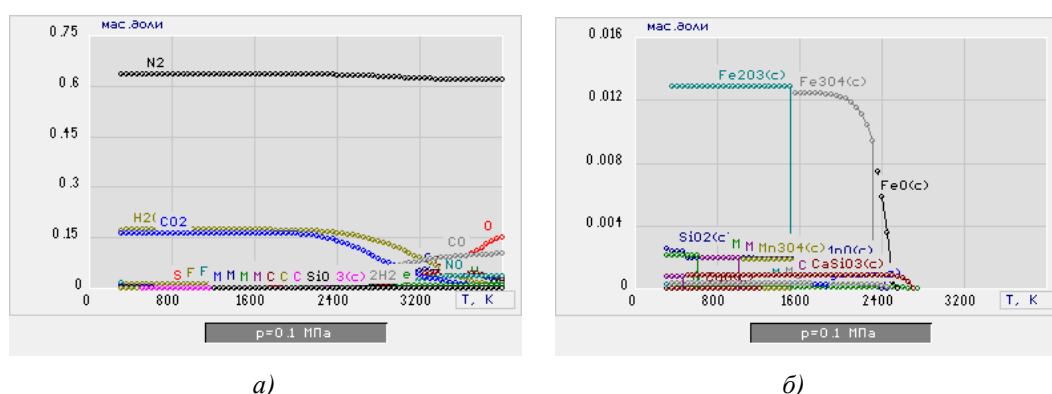


Рис. 1. Влияние температуры на равновесный состав газообразных (а) и конденсированных (б) продуктов плазменной обработки ШОС-1 в воздушной плазме: (83 % Воздух: 17 % ШОС-1)

Из анализа равновесных составов следует, что при температурах до 1600 К основными продуктами в газовой фазе являются N₂, CO₂ и H₂O (рис. 1а), а в конденсированной фазе (рис. 1б) – простые и сложные оксиды металлов (SiO₂, Mn₃O₄, CaSiO₃ и др.), включая немагнитный оксид железа

$\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{c})$. Снижение исходной массовой доли воздуха до 82 % (рисунок 2) приводит к образованию в конденсированной фазе простых и сложных оксидов металлов (SiO_2 , MnO , CaSiO_3 и др.), включая магнитный оксид железа $\text{Fe}_3\text{O}_4(\text{c})$.

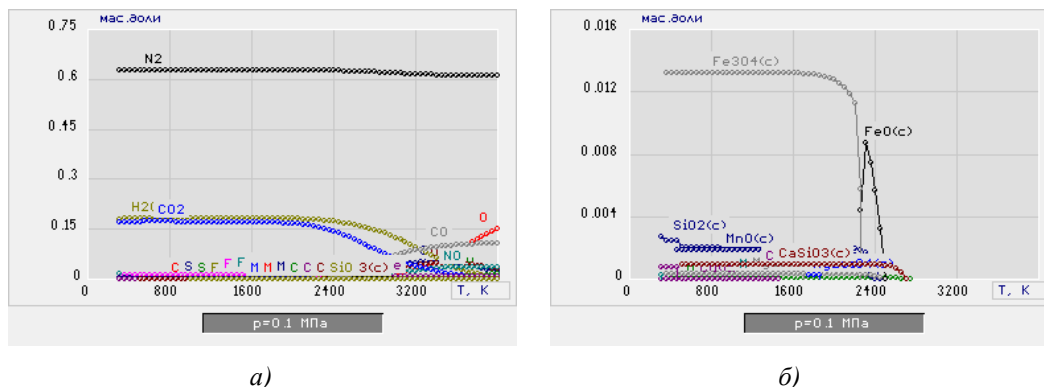


Рис. 2. Влияние температуры на равновесный состав газообразных (а) и конденсированных (б) продуктов плазменной обработки ШОС-1 в воздушной плазме: (82 % Воздух : 18 % ШОС-1)

Наличие магнитного оксида железа позволит применить магнитное осаждение для извлечения твердых продуктов из водных суспензий при использовании «мокрой» очистки отходящих газов.

Заключение. Совместный плазмохимический синтез оксидных композиций из шламоорганических суспензий является эффективным методом решения проблемы накопления и переработки отходов водоподготовки и горючих отходов производства метанола. По результатам проведенных исследований могут быть рекомендованы для практической реализации совместной плазменной обработки ОВП и ГОПМ в воздушной плазме следующие условия: состав ШОС-1 (17,5 % ОВП : 83,5 % ГОПМ); массовое отношение фаз (82 % Воздух : 18 % ШОС-1); температура (1500 ± 100) К..

Результаты проведенных исследований могут быть использованы при создании технологии энергоэффективной совместной плазменной обработки ОВП и ГОПМ в воздушной плазме в виде оптимальных по составу шламоорганических суспензий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лисецкий В.Н., Брюханцев В.Н. Андрейченко А.А. Улавливание и утилизация осадков водоподготовки на водозаборах г. Томска. – Томск: Изд-во НТЛ, 2003. – 164 с.
2. Патент 2471836 РФ. МПК C09C1/24. Способ получения железооксидных пигментов / Л.В. Герб, О.Д. Лукашевич, Н.Т. Усова, О.Ю. Гончаров. Заявлено 23.06.2011; Опубл. 10.01.2013, Бюл. № 1. – 6 с.
3. Shekhovtsova A.P, Karengin A.G. Efficiency Assessment of Using Flammable Compounds from Water Treatment and Methanol Production Waste for Plasma Synthesis of Iron-Containing Pigments // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2016. – Vol. 142. Article number 012045. – P. 1-7.
4. Беленький Е. Ф., Рискин И. В. Химия и технология пигментов. – Л.: Ленгосхимиздат, 1949. – 624 с.
5. Плазмохимический синтез нанодисперсных порошков оксидов иттрия и циркония из диспергированных водно-солеорганических композиций // Ползуновский вестник. – 2017. – № 3. – С. 142-148.
6. Бернадинер М.Н., Шурыгин А.П.. Огневая переработка и обезвреживание промышленных отходов. – М.: Химия, 1990. – 304 с.