

## ПОЛУЧЕНИЕ ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩЕГО КОАГУЛЯНТА ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЗВЕСЕЙ

© 2016 С.В. Свергузова, Ж.А. Сапронова, Л.А. Порожнюк, А.В. Святченко

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

Статья поступила в редакцию 05.12.2016

Представлены результаты исследования возможности получения железосодержащего коагулянта для очистки сточных вод от органических взвесей. Для получения коагулянта использована пыль электродуговых сталеплавильных печей. Установлена высокая эффективность снижения мутности и значение ХПК в модельных системах под действием полученного коагулянта.

**Ключевые слова:** пыль электродуговых сталеплавильных печей, железосодержащий коагулянт, сточные воды, эффективность очистки.

Процессы коагуляции и флокуляции широко распространены в природе и часто используются при очистке природных, оборотных и сточных вод. В связи со все ухудшающимся качеством воды природных водных объектов проблема очистки воды приобретает увеличивающуюся значимость для всех регионов мира. Твердые неорганические и эмульгированные органические примеси в очищаемых водах чаще всего по размерам близки к коллоидным частицам, поэтому с точки зрения коллоидной химии загрязненные воды представляют собой коллоидно-дисперсные системы [1].

Для очистки и водоподготовки природных и сточных вод в настоящее время разработано большое число методов, но в промышленных масштабах используются только некоторые из них. Для реализации коагуляционного способа очистки чаще всего используют сульфат и гидроксид алюминия, а также сульфат и хлорид железа (III), гидролиз которых сопровождается образованием крупных хлопьев, увлекающих загрязняющие вещества [2]. Для интенсификации хлопьеобразования в воду добавляют флокулянты. Однако выпускаемые промышленностью коагулянты и флокулянты дороги, поэтому разработка способов получения эффективных, дешевых и доступных коагулянтов-флокулянтов представляет собой актуальную задачу. Особенно перспективным представляется получение коагулянтов-флокулянтов на основе отходов

промышленности. К одному из таких отходов можно отнести пыль электродуговых сталеплавильных печей (ЭДСП) на примере Оскольского электрометаллургического комбината (ОЭМК) Белгородской области. Пыль ЭДСП содержит как соединения железа, так и соли кремниевой кислоты, обеспечивая тем самым протекание как коагуляционных, так и флокуляционных процессов [3].

**Цель работы:** получение железосодержащего коагулянта-флокулянта (ЖКФ) на основе пыли ЭДСП и подтвердить эффективность препаратов ЖКФ для очистки сточных вод от органических взвешенных веществ, например, от жировых частиц.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЯ

Согласно проведенным исследованиям физико-химических свойств пыли ЭДСП, ее состав и структура указывают на возможность использования пыли для получения коагулянта-флокулянта, пригодного к использованию в водоочистке. Пыль ЭДСП, образующаяся при плавке железной руды в электродуговых печах, представляет собой тонкодисперсную систему, содержащую  $Fe_2O_3$  до 50 % и ряд оксидов металлов (табл. 1).

Физико-химические свойства пыли ЭДСП представлены в табл. 2.

Дисперсный анализ показал, что размер частиц пыли не превышает 80 мкм. Удельная поверхность пыли ( $S_{уд}$ ), определенная в соответствии с теорией БЭТ методом низкотемпературной адсорбции азота, составила  $64 \pm 4,5$  м<sup>2</sup>/г.

Анализ микрофотографий РЭМ пыли ЭДСП свидетельствует о развитой рыхлой поверхности частиц (рис. 1).

Результаты рентгенофазового анализа (рис. 2) позволяет сделать вывод, что в состав пыли ЭДСП входят такие вещества, как магнетит  $FeO \cdot Fe_2O_3 \cdot d(A^0) = 2,979; 2,543; 2,108; 1,691;$

*Свергузова Светлана Васильевна, доктор технических наук, профессор, заведующая кафедрой промышленной экологии. E-mail: re@intbel.ru*

*Сапронова Жанна Ануаровна, кандидат технических наук, доцент кафедры промышленной экологии. E-mail: re@intbel.ru*

*Порожнюк Людмила Алексеевна, кандидат технических наук, доцент кафедры промышленной экологии. E-mail: re@intbel.ru*

*Святченко Анастасия Владимировна, аспирант. E-mail: sv.anastasiaa@mail.ru*

Таблица 1. Оксидный состав пыли ЭДСП

	Ингредиент																						
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Na <sub>2</sub> O	SiO <sub>2</sub>	ZnO	K <sub>2</sub> O	MgO	MnO	SO <sub>3</sub>	Cl	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	PbO	Rh <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CuO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	TiO <sub>2</sub>	SrO	CdO	NiO	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Br	
Содержание	49,4	13,41	9,72	5,92	5,75	5,61	3,91	2,10	1,33	0,78	0,63	0,42	0,34	0,27	0,12	0,12	0,053	0,043	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01

Таблица 2. Физико-химические свойства пыли ЭДСП

№	Показатели	Значение
1	Насыпная плотность, кг/м <sup>3</sup>	9400
2	Истинная плотность, кг/м <sup>3</sup>	3640
3	Растворимость в воде, %	6,4±0,5
4	pH водной вытяжки	10,9
5	Влажность, %	1,5-2,5

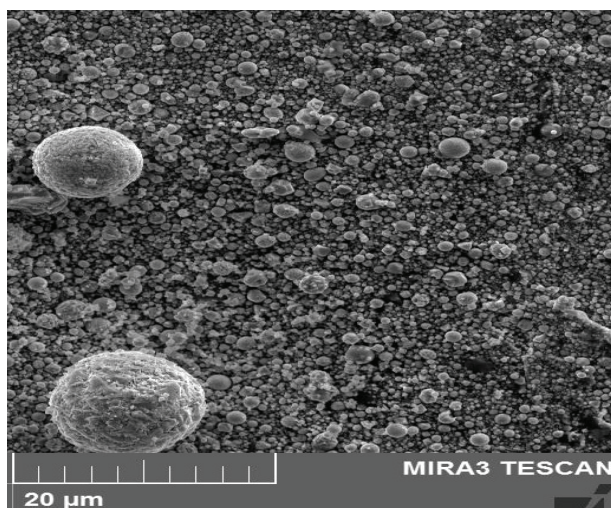
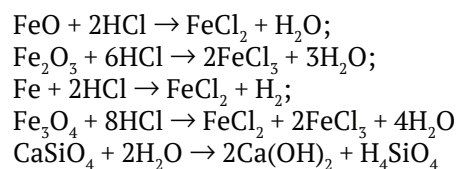


Рис. 1. Микрофотография пыли ЭДСП

1,484; вюстит FeO(d(A<sup>0</sup>) = 2,48; 2,141; 1,519; портландит Ca(OH)<sub>2</sub>(A<sup>0</sup>) = 4,924; 4,575; 2,622; 1,989; 1,918; 1,784; 1,692 и кремнезем SiO<sub>2</sub>(A<sup>0</sup>) = 3,51; 2,276; ,813; 1,539.

При кислотной обработке пыли происходит частичное растворение оксидов металлов и их силикатов:



Соли образующихся ионов Fe<sup>3+</sup> и Fe<sup>2+</sup> являются хорошими коагулянтами, в результате гидролиза которых образуются крупные заряженные частицы, интенсифицирующие процесс седиментации взвесей. В кислой среде образуются ионы FeOH<sup>2+</sup>, [Fe(OH)<sub>2</sub>]<sup>+</sup>, FeOH<sup>+</sup>. Поскольку в состав пыли ЭДСП входит значительное количество оксида кальция в виде соединений, то при повышении pH среды вследствие их растворения возможно образование следующих ионов: [Fe(OH)<sub>4</sub>]<sup>-</sup>, [Fe(OH)<sub>5</sub>]<sup>2-</sup>, [Fe(OH)<sub>6</sub>]<sup>3-</sup> и др[4-5]. Особенностью кислотной обработки пыли ЭДСП является растворение силикатов, входящих в ее состав. При растворении силикатов в раствор переходят кремниевые кислоты. При этом возможен процесс поликонденсации которых можно рассмотреть на примере ортокремниевой кислоты H<sub>4</sub>SiO<sub>4</sub> (см. графическую иллюстрацию протекающей реакции, с. 364).

В результате образуется гель поликремниевых кислот, обладающий высокоразвитой поверх-

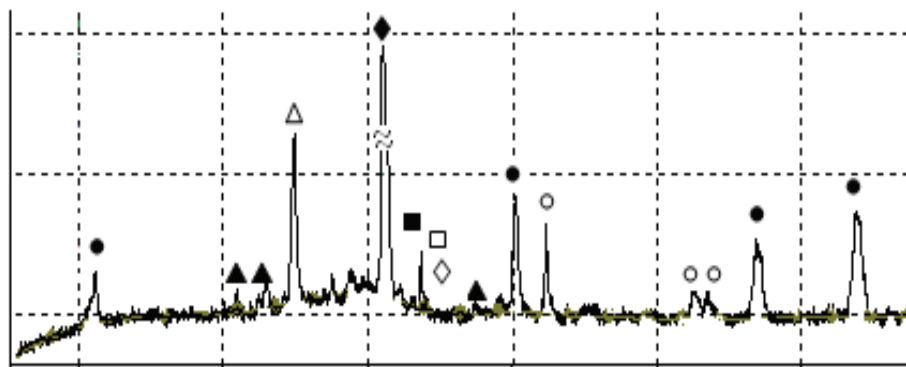
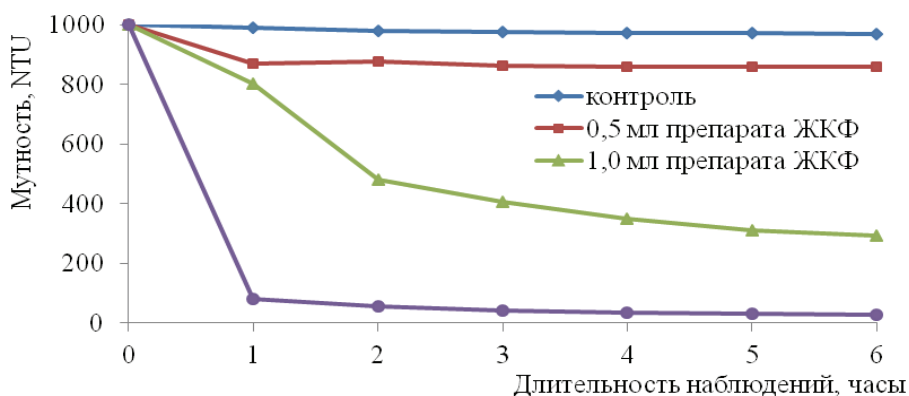


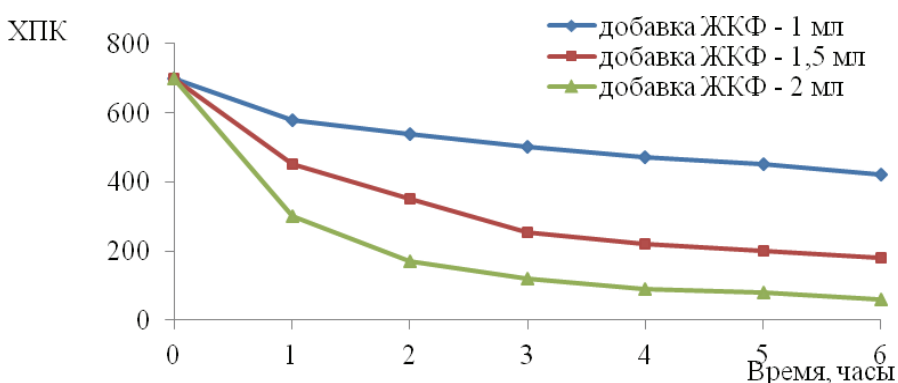
Рис. 2. Рентгенограмма пыли ЭДСП:

- – магнетит Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>; ■ – гематит Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; ○ – металлическое железо Fe; ◆ – кварц SiO<sub>2</sub>; □ – оксид цинка ZnO;
- ◇ – оксид кальция CaO; △ – пиролюзит MnO<sub>2</sub>; ▲ – двухкальциевый силикат 2CaO·SiO<sub>2</sub>





**Рис. 5.** Кинетика снижения мутности молоко-содержащей эмульсии в ходе отстаивания при воздействии ЖКФ



**Рис. 6.** Кинетика снижения ХПК в молоко-содержащих эмульсиях при воздействии ЖКФ (добавка ЖКФ на 250 мл эмульсии)

Из графиков, представленных на рис. 5, 6, следует, что наиболее интенсивно очистка молоко-содержащих эмульсий протекает при добавке ЖКФ в объеме  $2 \text{ см}^3$  на  $250 \text{ см}^3$  эмульсии.

### ВЫВОД

Использование препарата ЖКФ может обеспечить эффективную очистку сточных вод, загрязненных взвешенными неорганическими и органическими веществами. Такого рода загрязнения наблюдаются в сточных водах молокоперерабатывающих и маслоэкстракционных предприятий, автозаправочных станций, предприятий по производству строительных материалов, в ливневых водах и др.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шукин Е.Д., Перцов А.В., Амелина Е.А. Коллоидная химия. М.: Высш. шк., 2004. 445 с.
2. Теоретические основы очистки воды / Н.И. Куликов, А.Я. Найманов, Н.П. Омельченко, В.Н. Чернышев. Донецк: изд-во «Ноулидж», 2009. 298 с.
3. Коагуляция тонкодисперсных систем с помощью пыли электросталеплавильного производства / С.В. Свергузова, Е.В. Суханов, Д.Ю. Ипанов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. № 1. С. 186-191.
4. Адам Н.К., Толстой Д.М., Ахматова А.С. Физика и химия поверхностей. М.: Гостехиздат, Ленинград, 1947, 536 с.
5. Фридрихсберг Д.А. Курс коллоидной химии. Л.: Химия, 1984. 368с.
6. Суханов Е.В. Физико-химические свойства пыли электросталеплавильного цеха (ЭСЦП) // Фундаментальные и прикладные исследования в области химии и экологии: материалы Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых (Курск, 23-26 сентября 2015г.). – Курск: Юго-Зап. гос. ун-т, ЗАО «Университетская книга», 2015. – С.154-156.
7. Влияние условий модификации пыли ЭСПЦ на ее коагуляционные свойства / С.В. Свергузова, И.В. Старостина, Е.В. Суханов, Д.В. Сапронов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. Т.19. №3. С. 113- 115.
8. Сергузова С.В., Ипанов Д.Ю., Суханов Е.В. Адсорбционные свойства пыли электродуговых сталеплавильных печей (ЭДСП) // Казантип-ЭКО-2014. Инновационные пути решения актуальных проблем базовых отраслей, экологии, энерго- и ресурсосбережения: сборник трудов XXII международной научно-практической конференции, Харьков: НТМТ, 2014. С. 79-81.
9. Суханов Е.В., Латыпова М.М. Определение оптимальных технологических параметров процесса очистки токсичных сточных вод // Экология и

рациональное природопользование агропромышленных регионов: сб. докл. Междунар. молодеж.

науч. конф, Белгород: Изд-воБГТУ, 2013. Ч.1. С. 126-129.

**OBTAINING OF IRON-CONTAINING COAGULANT  
FOR THE SEWAGE DISPOSAL FROM ORGANIC SUSPENSION**

© 2016 S.V. Sverguzova, J.A. Sapronova, L. A. Porojnyuk, A.V. Svyatchenko

Belgorod State Technological University named after V. G. Shoukhov

The present article presents the research results concerning the possibilities to obtain iron-containing coagulant for the sewage disposal from organic suspension. Electroarc steel furnace dust is used to obtain coagulant. A high efficiency of decreasing for turbidity and COD value in model system is established the influence of coagulant.

*Keywords:* electric arc furnaces dust, iron-containing, wastewater, treatment, purification efficiency

---

*Svetlana Sverguzova, Doctor of Technics, Professor, Head at the Industrial Ecology Department. E-mail: pe@intbel.ru*  
*Janna Sapronova, Candidate of Technics, Associate Professor at the Industrial Ecology Department. E-mail: pe@intbel.ru*  
*Lyudmila Porojnyuk, Candidate of Technics, Associate Professor at the Industrial Ecology Department. E-mail: pe@intbel.ru*  
*Anastasia Svyatchenko, Graduate Student.*  
*E-mail: sv.anastasiaa@mail.ru*