

УДК 621.182.94

**В.И. Ковальчук**, канд. техн. наук, доц.,  
**И.В. Лапчинская**, инженер,  
**Е.Н. Урсол**, инженер,  
 Одес. нац. политехн. ун-т

## ОСВЕТЛЕНИЕ ДОБАВОЧНОЙ ВОДЫ ЗОЛОЙ

*В.И. Ковальчук, И.В. Лапчинська, О.М. Урсол. Освітлювання додаткової води золою.* Досліджено склад частинок вугільної золи за розмірами та її здатність поглинати органічні домішки природної води. Одержано кореляційну залежність ступеня видалення органічних домішок природної води від її початкової кількості і дози розчину золи. Приведено рекомендації щодо дозування золи в оброблювану воду.

*В.И. Ковальчук, И.В. Лапчинская, Е.Н. Урсол. Осветление добавочной воды золой.* Исследован состав частиц угольной золи по размерам и ее способность поглощать органические примеси природной воды. Получена корреляционная зависимость степени удаления органических примесей природной воды от их исходного количества и дозы раствора золи. Приведены рекомендации по дозированию золи в обрабатываемую воду.

*V.I. Kovalchuk, I.V. Lapchinskaya, E.N. Ursol. Make-up water clarification by ash.* Composition of coal-ash particles by their size is explored, as well as the ability of ash to absorb the organic admixtures of natural water. The correlation dependence of the extent, to which organic admixtures can be removed from natural water, upon their initial amount and the ash solution dose is obtained. Some recommendations on dispensing ash into the treated water are presented.

При сжигании угля на тепловых электростанциях образуется большое количество различных соединений (легколетучих металлов, фтора, оксидов серы и азота и др.), а также зола.

Зола углей состоит преимущественно из оксидов ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ). Некоторые из них (щелочные и щелочноземельные металлы) находятся в виде сульфатов и карбонатов. Поэтому зола и твердый остаток от сжигания углей могут быть сырьем для получения ряда товарных продуктов: глинозема, железистого пигмента или алюможелезистого коагулянта. Исследования и опытно-промышленные испытания подтвердили экономическую целесообразность ее использования для этих целей [1].

Исследование сорбирующей способности золи [2] в отношении различных загрязнений, входящих в состав сточных вод предприятий целлюлозно-бумажной, химической, нефтехимической, металлургической и других отраслей промышленности, показало ее высокую эффективность по сравнению с отдельными компонентами — углем,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$  (табл. 1).

Таблица 1

Показатели качества очистки

Сорбент	Сорбаты					
	сточные воды, цветность 350°ХКШ		Нефтепродукты, 100 мг/дм <sup>3</sup>		$\text{Ca}^{2+}$ , 0,066 моль/дм <sup>3</sup>	
	$\tau_{\text{ДОЕ}}$ , ч	$\tau_{\text{ПОЕ}}$ , ч	$\tau_{\text{ДОЕ}}$ , ч	$\tau_{\text{ПОЕ}}$ , ч	$\tau_{\text{ПОЕ}}$ , ч	Опреснение, %
Зола шламлигнина	40...52	56...65	1,40...2	8...8,2	0,15	99,82
$\text{SiO}_2$	16	19	1	7	0,40	99,80
$\text{Al}_2\text{O}_3$	20	23	1	7	1	99,70

Зола шламлигнина по значению времени проскока  $\tau_{\text{ДОЕ}}$  и времени полного насыщения  $\tau_{\text{ПОЕ}}$  более чем в два раза превосходит окислы кремния и алюминия, особенно в отношении органических примесей. Эффективность очистки объясняется суммарным синергетическим эффектом, заключающимся в сорбции загрязняющих веществ, представленных химическими соединениями различной природы, каждым составляющим компонентом золи в отдельности и

их совокупностью в целом [2]. Поэтому ее можно рассматривать как высокоэффективный сорбент для извлечения из воды органических примесей на стадии предварительной очистки.

Зола теплоэлектростанций представляет собой сложный композит, в состав которого входят: мулит ( $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ ), кварц и другие, неоднородные по составу негорючие части угля. Сорбционная емкость золы в отношении тяжелых металлов относительно невелика (медь 15...20, за цинк 7...10 и свинец 4...7 мг/г). Для нефтепродуктов она составляет более 75 %.

На Ладьжинской ТЭС продолжительное время применяют угольную золу вместо коагулянта в осветлителе. Далее приведены результаты исследований технологических показателей угольной золы и ее сорбционных свойств в отношении органических примесей природной воды, необходимых для обоснования дозировок и других режимных характеристик.

В лабораторных условиях определены: насыпная плотность, скорость осаждения, распределение частиц по размерам, растворимость, а также зависимость снижения окисляемости природной воды от количества дозируемой золы. Образцы золы для исследований взяты после электрофильтра котла.

Сравнение состава золы шлам-лигнина и угольной золы отмечает сходство структурного и компонентного состава, что позволяет предположить подобие сорбционных свойств (табл. 2).

Таблица 2

Физико-химические характеристики золы

Показатели	Зола шламлигнина	Зола ТЭС
Размер частиц, мм	0,013...0,085	<0,05
Удельная поверхность, м <sup>2</sup> /г (скорее м <sup>2</sup> /кг)	100...104	162,7
Насыпная плотность, г/дм <sup>3</sup>	1670...1740	1167
Составляющие компоненты, %:		
$\alpha\text{-SiO}_2$	12...21,8	61,0
$\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$	33,48...44,83	22,0
$\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$	6,85...17,52	
$\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$	5,2...9,5	8,95
$3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$	18,32	
$[\text{K}_{0,8}(\text{H}_3\text{O})_{0,2}]_{1,0}\text{Al}_{2,01}[(\text{Si}_{3,25}\text{Al}_{0,75})_{4,0}\text{O}_{10}](\text{OH})_2$	9	
$\text{CaSO}_4$	1,6...13,35	
$\text{TiO}_2$ , $\text{K}_2\text{O}$ и др.	1,4...5,15	2,41
$\text{CaO}$		2,59
$\text{MgO}$		1,36

Преобладающими являются окислы кремния и алюминия, что предполагает высокую сорбционную способность золы.

Гранулометрический состав золы приведен на рис. 1. Более 86 % составляют частицы с характерным размером менее 0,05 мм.

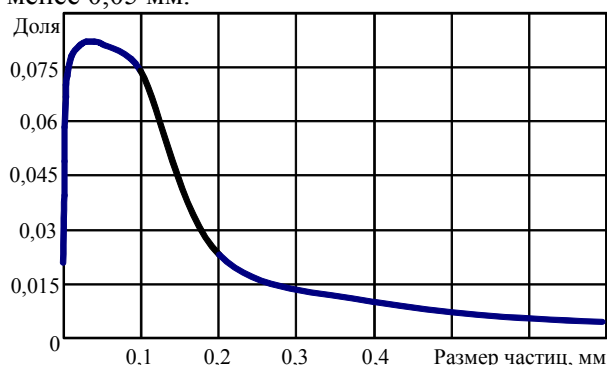


Рис. 1. Распределение частиц золы по размерам

Расчетная видимая поверхность при плотной упаковке частиц (порозность 26 %) составляет около  $160 \text{ м}^2/\text{кг}$ .

Скорость осаждения по результатам измерений и расчетам по формуле Стокса сопоставима и колеблется в пределах  $2 \dots 90 \text{ мм/с}$ .

Измерения растворимости проведены путем определения остаточной массы нерастворившегося вещества и приобретенной жесткости.

При продолжительности растворения от 1 до 6 ч общая растворимая доля составила  $15,4 \dots 19,2 \%$  от начальной массы, а повышение жесткости —  $13 \dots 16 \%$ .

Опыты по снижению окисляемости выполнены для имитата природной воды, приготовленного путем добавления в дистиллят концентрата растительной органики. Измерения проведены в трех сериях, в каждой из которых исходное значение окисляемости соответствует величинам, характерным для паводкового периода (табл. 3).

Таблица 3

Средние значения окисляемости исходной и обработанной воды

Серия	При дозе, мл			
	0	0,7	1	1,4
1	23	14,18	11,84	11,25
2	19,56	10,82	8,2	10
3	18,34	9,96	8	12

Графические зависимости относительного снижения окисляемости при различных дозировках золы в соответствии с таблицей 3 приведены на рис. 2.

Обработка опытных данных методом планирования эксперимента позволила обобщить их в виде корреляционной зависимости остаточной окисляемости от ее исходного значения и дозы раствора золы

$$Ok_{\text{ост}} = 7,534 - 0,6521d - 0,0133Ok + 0,3361dOk .$$

Из приведенных графиков следует, что оптимальное количество раствора золы составляет  $0,025 \dots 0,028 \text{ г/дм}^3$ . Установленная в производственных условиях опытным путем доза составляет  $0,040 \text{ г/дм}^3$ .

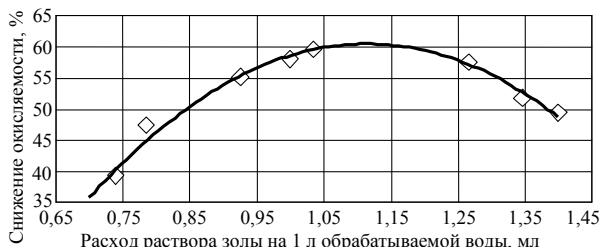


Рис. 2. Снижение окисляемости в зависимости от объема дозы раствора золы, концентрацией 25 г/л

Традиционная дозировка коагулянта составляет около  $0,5 \dots 0,8 \text{ мг-экв/л}$ , что в пересчете на сернокислое железо соответствует  $0,04 \dots 0,06 \text{ г/дм}^3$ .

Дозирование следует осуществлять непосредственно в поток обрабатываемой воды после воздухоотделителя. Рабочий раствор золы необходимо подвергать непрерывному барботажу воздухом. Эти меры позволяют избежать досрочного осаждения частиц. Наиболее эффективным представляется непосредственное дозирование золы в обрабатываемую воду с помощью эжектора-смесителя.

## Литература

- 
1. Назаров, Ш.Б. Перспектива использования твердых энергоресурсов и проблемы охраны атмосферного воздуха от загрязнения / Ш.Б. Назаров — М.: Химия и технология воды, 1988. — 335 С.
  2. Богданов, А.В. Развитие научных и практических основ экологических технологий комплексной переработки осадков карт-шламонакопителей (на примере Байкальского региона) / А.В. Богданов: Автореф. дис... д-ра техн. наук. — Иркутск, 2006. — 26 с.
  3. Очистка сточных вод с использованием побочных продуктов ЦБП / [Г.Д. Русецкая, А.В. Богданов, А.П. Миронов, А.Ю. Киселев] // Проблемы очистки сточных вод: тез. докл. конф, Одесса, май 1988 г. — Одесса: Изд-во ОГУ, 1988. — С. 146.

Рецензент канд. техн. наук, проф. Одес. нац. политехн. ун-та Кишневский В.А.

Поступила в редакцию 9 апреля 2008 г.