

Малахатка Ю. Н., аспирант,
Свергузова С. В., д-р техн. наук, проф.
Шашиуров А. В., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет имени В.Г. Шухова

ИЗВЛЕЧЕНИЕ ИОНОВ ЦИНКА ИЗ РАСТВОРОВ ПЫЛЬЮ ПРОИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

malakhatka@yandex.ru

Рассматривается возможность получения композиционных материалов автоклавного твердения с повышенными физико-механическими свойствам на основе саморассыпающихся сталеплавильных шлаков и полиминеральных глинистых компонентов без использования известковых и цементных вяжущих веществ. Повышенные прочностные свойства композиций определяются высокой активностью пуццолановых реакций с образованием каркаса новообразований из хорошо закристаллизованных низкоосновных гидросиликатов кальция и гидроалюмосиликатов кальция, выполняющих роль наполнителя.

Ключевые слова: сталеплавильный шлак, глинистые материалы, силикатный бетон, деформированная структура, низкоосновные гидросиликаты кальция, гидроалюмосиликаты, прочностные свойства.

Распространенными токсикантами, попадающими в водные объекты с отходами предприятий, являются тяжелые металлы. Одним из наиболее опасных тяжелых металлов является цинк, который поступает в природные воды со сточными водами рудобогатительных фабрик и гальванических цехов, производств пергаментной бумаги, минеральных красок, вискозного волокна и др. В воде цинк существует, главным образом, в ионной форме или в форме его минеральных и органических комплексов, иногда встречается в нерастворимых формах: в виде гидроксида, карбоната, сульфида и др. В речных водах концентрация цинка обычно колеблется от 3 до 120 мкг/дм³, в морских – от 1,5 до 10 мкг/дм³ [1].

Чтобы исключить или хотя бы снизить риск загрязнения природных вод соединениями цинка, необходимо повышать эффективность очистки сточных вод. Поэтому технологии, обеспечивающие эффективное извлечение ионов цинка из сточных вод и разработка альтернативных экономически оправданных способов очистки являются особенно актуальными.

В производстве силикатных бетонов образуется пыль, в состав которой входит в %: Ca(OH)₂–44; SiO₂–45; CaO–4; CaCO₃–2; (CaSiO₃+Ca₂SiO₄)–5. Пыль БКСМ является тонкодисперсной системой, содержание в которой частиц с размерами менее 0,14 мм составляет более 96% (табл. 1).

Таблица 1

Фракционный состав пыли

Диаметр частиц, мм	0,63	0,315	0,25	0,14	0,1	0,08	0,05	0,05
Содержание, масс. %	0,42	1,6	1,46	22,04	45,5	15,6	13,32	2,66

Влажность образующейся пыли 0,05%; рН водной вытяжки 12; насыпная плотность 730 кг/м³. Удельная поверхность, определенная по стандартной методике [2] методом адсорбции метиленового голубого составила 220 м²/кг.

Фазовый состав пыли, определенный с помощью рентгенофазового анализа [3], подтвердил качественный состав пыли по основным ингредиентам и показал наличие следующих пиков: Ca(OH)₂ – портландит, $d(A) = 4,969; 2,640; 2,284; 2,243; 1,935; 1,797; 1,694$; SiO₂ – кварц, $d(A) = 4,270; 3,351$; CaO – $d(A) = 2,456; 1,223$; CaCO₃ – кальцит, $d(A) = 2,134$; CaO · SiO₂ – метасиликат кальция, $d(A) = 2,97$; β -2CaO · SiO₂ – ларнит, $d(A) = 2,748; 1,9166$ (рис. 1).

Физико-химические свойства пыли БКСМ, ее химический, фазовый и дисперсный состав позволили предположить ее высокие реагенто-адсорбционные свойства, что делает возможным использование пыли для очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов. Процесс извлечения ионов металлов исследовался нами на модельных растворах, приготовленных растворением соли ZnSO₄·7H₂O (х.ч.) в дистиллированной воде с концентрациями ионов Zn²⁺ 5, 10, 20 мг/л. Для предотвращения процесса гидролиза ионов Zn²⁺ в модельных растворах их подкисляли концентрированной соляной кислотой до рН=2.

Процесс очистки модельных растворов проводили в статических условиях в стеклянном реакторе с магнитной мешалкой. К 100 мл модельного раствора добавляли рассчитанные

навески пыли и перемешивали в течение заданного времени. В экспериментах исследовали влияние на эффективность очистки таких фак-

торов, как масса добавки пыли, длительность перемешивания, температура реакционной среды и дисперсность пыли.

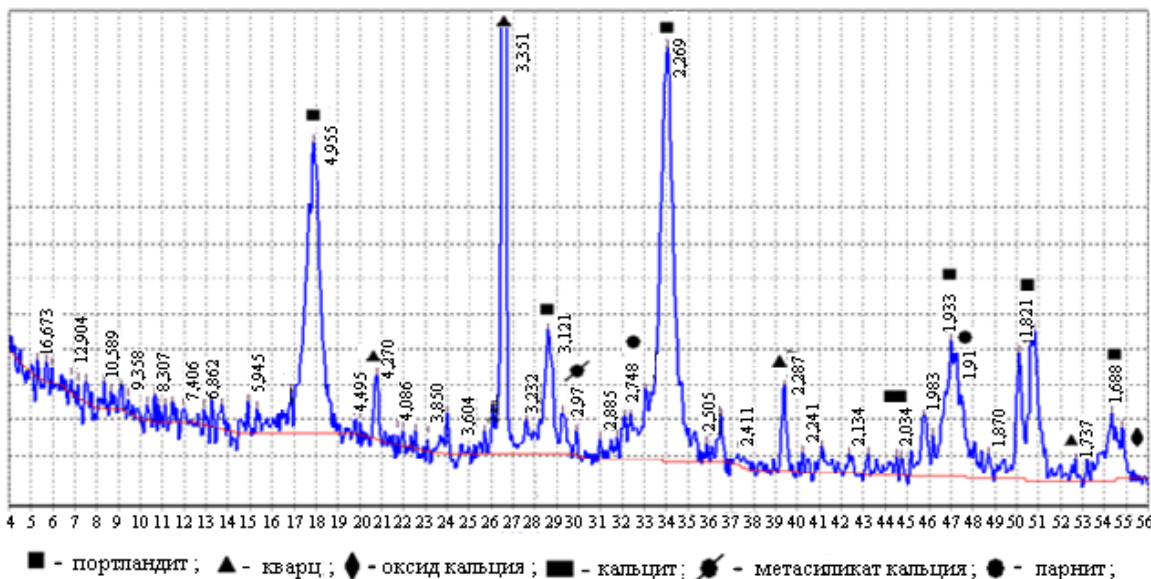


Рис. 1. Рентгенофазовый анализ пыли БКСМ

Было установлено (рис. 2), что уже при массе добавки пыли 0,02 г на 100 мл раствора эффективность очистки составляет 52, 42, 30%, соответственно для цинксодержащих модельных растворов с концентрациями 5, 10, 20 мг/л. Эффективность очистки достигает своего оптимального значения при массе добавки 0,1 г на 100 мл раствора и составляет 94, 89, 85%, для концентраций 5, 10, 20 мг/л.

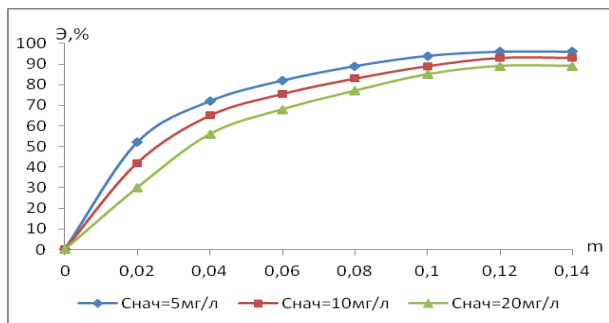


Рис. 2. Зависимость эффективности очистки модельных растворов, содержащих ионы Zn^{2+} от массы добавки пыли БКСМ

Полученные данные хорошо согласуются с изменением pH среды в модельных растворах при добавлении тех же навесок пыли (рис.3). Так, в соответствии со справочными данными [4] малорастворимый гидроксид $Zn(OH)_2$ образуется при $pH=6,4$. Таким образом, при добавлении к модельным растворам 0,08 г на 100 мл раствора образуются благоприятные условия для образования осадка $Zn(OH)_2$. Повышение массы добавки пыли приводит к увеличению pH среды, соответственно возрастает и эффектив-

ность очистки. Однако при $pH=10,5$, согласно [4], осадок $Zn(OH)_2$ начинает растворяться, с образованием растворимого иона $Zn[(OH)_4]^{2-}$, что приводит к снижению эффективности очистки. Поэтому в данном случае очень важно вести процесс очистки в пределах pH от 6,4 до 10,5.

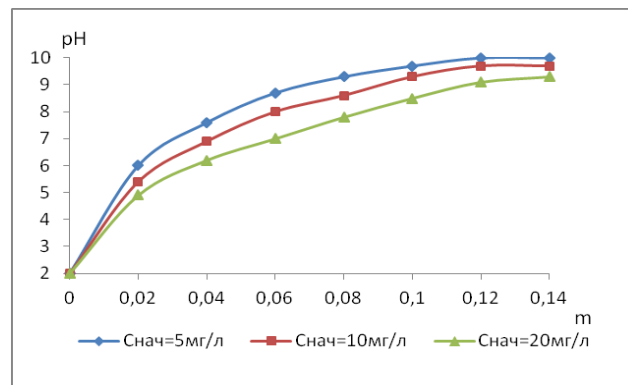


Рис. 3. Изменение pH модельных растворов, содержащих ионы Zn^{2+} в зависимости от массы добавки пыли БКСМ

Исследования влияния длительности перемешивания модельных растворов с пылью БКСМ показали (рис. 4), что в интервале от 0 до 20 минут наблюдается интенсивное увеличение эффективности очистки до 98, 83, 79% в растворах с концентрацией ионов Zn^{2+} 5,10,20 мг/л, соответственно. При дальнейшем перемешивании эффективность очистки повышается незначительно. Поэтому оптимальным является $\tau = 20$ мин.

В связи с тем, что температура реакционной среды влияет на скорость движения частиц

и количество их контактов, представляло интерес выяснить влияние температуры среды на эффективность очистки. Результаты эксперимента представлены на рис. 5.

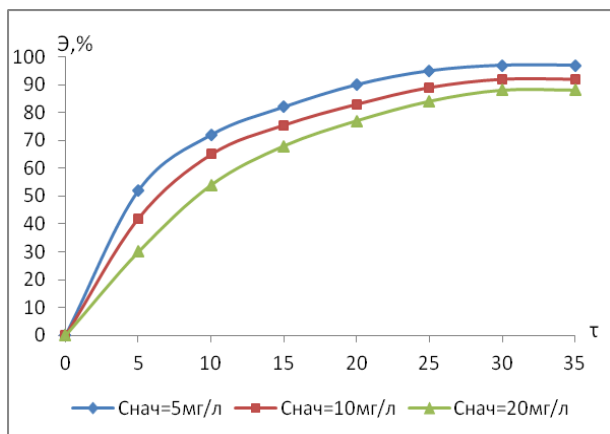


Рис. 4. Зависимость эффективности очистки модельных растворов, содержащих ионы Zn^{2+} от времени перемешивания

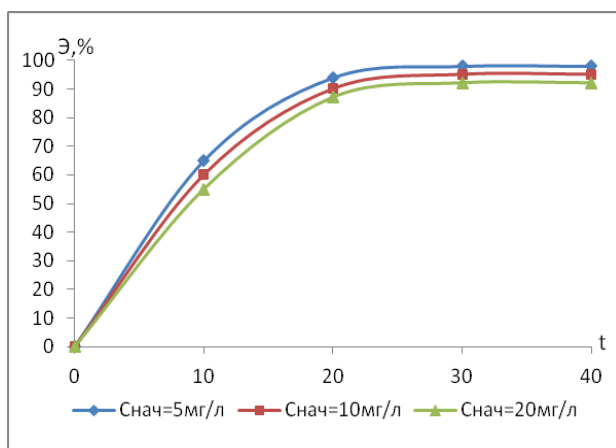


Рис. 5. Зависимость эффективности очистки модельных растворов, содержащих ионы Zn^{2+} от температуры

Проведенный эксперимент показал, что оптимальной температурой для реакционной среды в процессе очистки цинк содержащих модельных растворов является $20^{\circ}C$. При более высоких температурах эффективность очистки увеличивается незначительно.

По экспериментальным данным можно сделать вывод, что пыль БКСМ может быть использована для извлечения ионов цинка из сточных вод при соблюдении диапазона рН среды в процессе водоочистки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Зигель Х., Зигель А. Некоторые вопросы токсичности ионов металлов: Пер. с англ. / Х. Зигеля, А. Зигеля/. - М.: Мир, 1993. - 368 с.
2. Адамова Л.В. Сорбционный метод исследования пористой структуры наноматериалов и удельной поверхности наноразмерных систем: Учебное пособие / Л.В. Адамова, А.П. Сафронов // Екатеринбург. 2008.
3. Горшков В.С. Методы физико-химического анализа вяжущих веществ/ В.С. Горшков/. - М.: Высшая школа, 1981. - 330 с.
4. Лурье Ю.Ю. Справочник по аналитической химии/ Ю.Ю. Лурье. - М.: Химия, 1971. - 450 с.