

приводит к удалению аммонийного азота на 60%; биологическая очистка закрепленными на носителях микроорганизмами даже при малой скорости потока и отдувке аммонийного азота неэффективна; полив сельскохозяйственных растений сброженным фугатом замедляет прорастание семян и увеличивает содержание сухих веществ в биомассе растений.

УДК 628.3 + 658.567.1

Василенко Т.А., доц., канд. техн. наук;  
Ламакина М.П., магистрант; Колтун А.А., магистрант  
(БГТУ им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Российская Федерация)

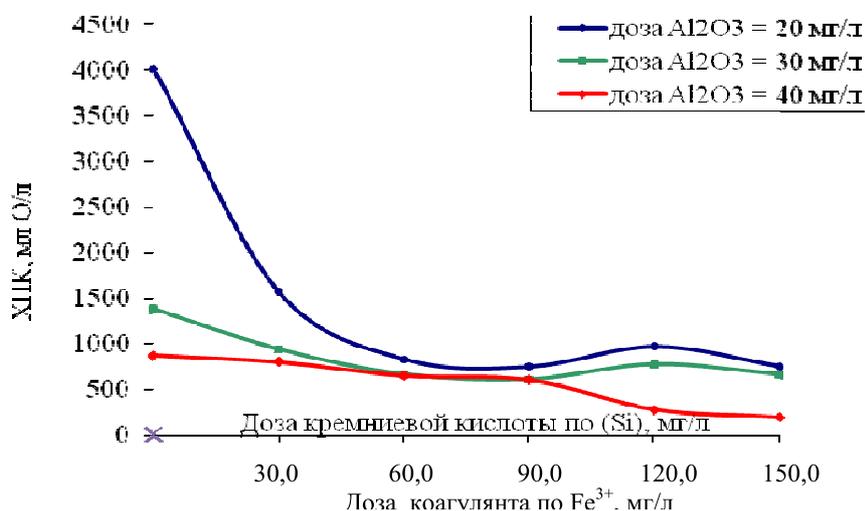
### **КОМПЛЕКСНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ И ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

В научной литературе имеются публикации по использованию отходов производства (щелочные красные шламы, отходов апатит-нефелиновой флотации, отработанных травильных растворов и др.) в качестве реагентов при очистке производственных сточных вод [1–3]. Исследован способ очистки фильтрационных вод полигона твердых бытовых отходов г. Белгорода с использованием модифицированного техногенного сырья (шлак АО «ОМК-Сталь», г. Выкса). Железосиликатный флокулянт получали путем разложения железосиликатного сырья соляной кислотой. Данный электросталеплавильный шлак также был использован в качестве добавки в сырьевую массу в количестве от 1 до 10 % в производстве керамзита. Установлена оптимальная температура обжига, которая составляет 1170 °С с добавкой шлака 3 %, удовлетворяющая потребности строительной индустрии: марка по прочности П50; марка по насыпной плотности М 350, М 400. Образцы керамзита, полученные из данного электросталеплавильного шлака при температуре обжига 1170 °С с добавкой шлака от 3 до 6% относятся к средне вспучивающимся с коэффициентом вспучивания от 2,5 до 4,5 [4].

Минералогический состав высокоосновного сталеплавильного шлака представлен ортосиликатами с изолированными кремнекислородными тетраэдрами, к которым относятся: силикат кальция; ферро-магнийевый силикат – оливин; алюминатный диопсид; фаялит. После проведения обработки шлака соляной кислотой производят отделение фильтрацией полученного раствора от шихтофа. Твердый остаточный шлам, представляющий собой шихтоф, может быть использован для изготовления строительных материалов. При проведении эксперимента к шлаку приливали соляную кислоту с нормальностями: 0,5; 1,0; 1,5

и 2 н при соотношении фаз Т : Ж = 1 : 10, далее определяли концентрацию активной кремниевой кислоты (по Si), ионов железа и рН.

Были исследованы условия получения растворов железокремниевое флокулянта-коагулянта при вскрытии соляной кислотой. Установлено, что необходимое содержание железа и кремния в продукционном растворе достигается при вскрытии шлама, обработанного в течение 60 минут при 40 °С, 1,5 н HCl, что соответствует рН суспензии, равной 0,65. Полученным коагулянт-флокулянт осветляли фильтрационные воды полигона ТБО совместно с сульфатом алюминия (дозы по Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 20; 30 и 40 мг/л). При этом дозы в коагулянт-флокулянте по Si = 1,0–5,0 мг/л, по Fe = 30–150 мг/л (рис. 1). Оптимальная доза коагулянта – 40 мг/л (по Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), флокулянта – 4,0 мг/л (по Si), при которой цветность снижается с 30,2 ° до 2,0°, а эффективность очистки по ХПК исходного фильтрата составляет до 85%.

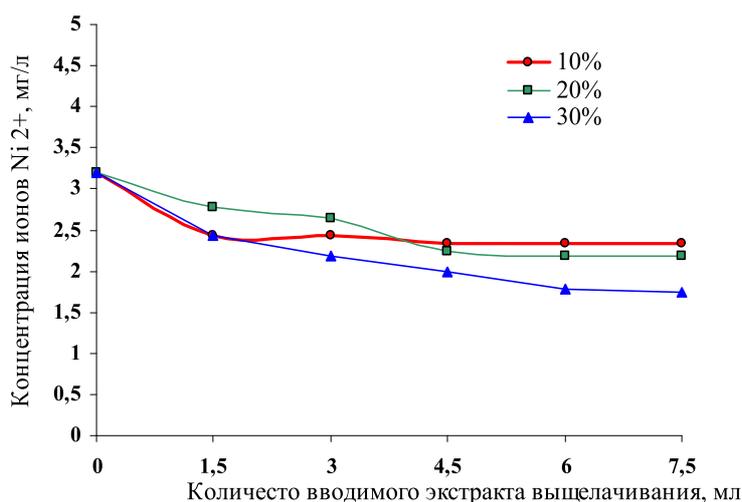


**Рисунок 1 - Зависимость изменений значений ХПК (мг О/дм<sup>3</sup>) фильтрационных вод полигона твердых бытовых отходов от дозы вводимых коагулянтов и флокулянта**

Также получен реагент на основе золы от сжигания растительного сырья после ее обработки кислотой для очистки сточных вод от тяжелых металлов. Обезвреживание промышленных сточных вод требует большого расхода реагентов (к которым относится серная кислота, гидроксид натрия, негашеная известь (оксид кальция), коагулянты и флокулянты). Целесообразно использование для этого отходов производства, которые в своем составе содержат ценные компоненты. Зола растительного происхождения, образующаяся в производстве пищевой продукции содержит CaO в количестве от 12 до 20%; MgO – от 10 до 18%; K<sub>2</sub>O – от 19 до 36%, которые при определенных условиях могут быть максимально выщелочены и применены для осаждения

тяжелых металлов из растворов.

Вытяжки из золы получены путем ее выщелачивания подкисленной дистиллированной водой с исходной  $\text{pH} = 0,5$ . При этом концентрация золы в выщелачиваемой воде составила 10,0; 20,0 и 30,0 %. В дальнейшем сифтоф отделяли, а полученные экстракты выщелачивания (вытяжки) использовали для очистки модельного раствора, содержащего ионы никеля. На рисунке 2 приведены диаграмма с кривыми снижения концентрации ионов никеля в модельных растворах после введения в них экстрактов выщелачивания из золы. Как видно из диаграммы, увеличение объема вводимой вытяжки из золы от 1,5 до 7,5 мл на 0,1 дм<sup>3</sup> модельного раствора не значительно приводит к снижению концентрации ионов  $\text{Ni}^{2+}$ . После осаждения 10,0-ти и 20,0-ти процентной вытяжкой из золы в модельных растворах конечные концентрации ионов  $\text{Ni}^{2+}$  имеют приблизительно одинаковые значения (концентрация ионов  $\text{Ni}^{2+}$  при количестве вводимого фильтрата 7,5 мл/0,1 дм<sup>3</sup> составляет 2,18 и 2,34 мг/л). Замеры  $\text{pH}$  модельных растворов после проведения осаждения ионов  $\text{Ni}^{2+}$  20-ти и 30-ти процентными вытяжками из золы показали, что реакция среды находится в интервале: 7,76–7,9 (при введении 1,5 мл/0,1 дм<sup>3</sup>) до 7,9–9,0 (при введении вытяжки из золы 7,5 мл/0,1 дм<sup>3</sup>). Согласно справочным данным начало осаждения  $\text{Ni}(\text{OH})_2$  начинается в слабощелочной среде при  $\text{pH} \sim 7,5$ . Величина  $\text{pH}$  начала осаждения гидроксида никеля (II) с уменьшением концентрации ионов металла в растворе возрастает. Процесс осаждения заканчивается при  $\text{pH} \sim 9,5$ , и данная величина не зависит от концентрации раствора.



**Рисунок 2 - Зависимость снижения концентрации ионов  $\text{Ni}^{2+}$  в модельных растворах при добавлении вытяжки из золы, полученной при выщелачивании с исходной  $\text{pH} = 0,5$**

В данной работе показано комплексное использование отходов металлургической и пищевой промышленности для очистки сточных вод (электросталеплавильный шлак и зола растительного происхождения). Проведена очистки фильтрационных вод полигона твердых бытовых отходов г. Белгорода с использованием техногенного сырья (шлак АО «ОМК-Сталь», г. Выкса) для получения железосиликатного коагулянта-флокулянта путем разложения железосиликатного сырья соляной кислотой. Полученным коагулянт-флокулянт осветляли фильтрационные воды полигона ТБО сульфатом алюминия (дозы по  $Al_2O_3 = 20; 30$  и  $40$  мг/л) совместно с добавкой активной кремниевой кислоты (дозы по Si =  $1,0-5,0$  мг/л).

Экстрактами выщелачивания из золы растительного происхождения очищали модельные никельсодержащие растворы. Установлено, что объем вводимой вытяжки из золы от  $1,5$  до  $7,5$  мл на  $0,1$  дм<sup>3</sup> модельного раствора не значительно приводит к снижению концентрации ионов  $Ni^{2+}$ . В дальнейшем будут разработаны механизмы повышения эффективности осаждения ионов тяжелых металлов, в т.ч. будет проведено их осаждение из реальных многокомпонентных сточных вод.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Пасечник, Л.А. Влияние способа обработки красных шламов на сорбцию ионов меди (II) / Л.А. Пасечник, И.Н. Пягай, И.С. Медякина, В.М. Скачков, С.П. – Яценко, Н.А. Сабирзянов // Экология и промышленность России (ЭКиП). – 2016. – Т. 20. – № 5. – С. 27–33.
2. Винникова, О.С. Определение оптимальных условий получения железосодержащих коагулянтов окислением отработанных травильных растворов гипохлоритом натрия / О.С. Винникова, С.В. Лукашов // Экология и промышленность России (ЭКиП). – 2015. – Т. 19. – № 5. – С. 34–36.
3. Кручинина, Н.Е. Получение отверженных форм алюмокремниевых флокулянт-коагулянт и их применение в процессах водочистки и водоподготовки / Н.Е. Кручинина, Е.Н. Кузин // Вестник Казанского технического университета. – 2015. – Т. 18. – в. 6, С. 78–82.
4. Василенко, Т.А. Физико-механические свойства керамзитового гравия, полученного с использованием электросталеплавильного шлака / Т.А. Василенко, М.П. Ламакина // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова, 2016. – № 6. – С.187–196.