

УДК 628.316.12:625.87

Е.Г. Сапон, В.Н. Марцуль

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОСТАЛЕПЛАВИЛЬНОГО ШЛАКА В КАЧЕСТВЕ СОРБЦИОННОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ ФОСФАТОВ

В работе исследовалась возможность использования электросталеплавильного шлака Белорусского металлургического завода в качестве сорбента для очистки сточных вод от фосфатов. Проведены исследования удаления фосфатов в динамических и статических условиях. Установлена сорбционная емкость по фосфатам различных фракций шлака. Определены кинетические характеристики сорбции фосфатов. Исследовано влияние шлака на состав обрабатываемых растворов.

Введение

По данным ООН снижение поступления в водные объекты соединений фосфора (главным образом в форме фосфатов), как одного из основных источников эвтрофикации, является приоритетной задачей в очистке сточных вод [10]. Известно, что для эффективного удаления фосфора на очистных сооружениях канализации мощностью более 100000 ЭН* широко используются биологическая очистка с последующей доочисткой с применением коагулянтов на основе солей алюминия и железа [6].

На очистных сооружениях небольшой производительности (до 1000 ЭН), применение коагулянтов нецелесообразно. Для удаления фосфора в системах малой канализации все большее распространение находят сорбционные материалы, используемые в качестве загрузки в фильтрах различной конструкции. Достоинствами фильтрационной технологии являются простота организации, возможность комбинирования с другими блоками очистки сточных вод и др. [4].

В настоящее время активно проводятся исследования сорбционных материалов, позволяющих эффективно удалять фосфор из сточных вод. Большое внимание уделяется поиску перспективных материалов обладающих высокой сорбционной емкостью по фосфору [2, 4]. Отмечено, что особое значение имеет возможность последующего использования сорбционного материала после исчерпания сорбционной емкости [3].

Исследованные в настоящее время сорбционные материалы, используемые для удаления фосфатов, содержат в своем составе двух- и трехвалентные металлы, преимущественно Fe, Al, Ca и Mg, образующих с фосфатами труднорастворимые соединения [2]. По происхождению их разделяют на три группы: природные материалы (доломит, песок, глина и др.), отходы и побочные продукты производства (шлаки, золы, осадки и др.) и искусственные материалы (Polonite®, Filtralite™, LWA и др.) [1].

Наибольшее распространение для очистки сточных вод от фосфатов находят кальцийсодержащие материалы, что обусловлено их распространенностью и доступностью [2]. Среди перспективных сорбционных материалов можно выделить шлаки сталелитейного производства. Исследования сорбционных свойства шлаков, образующихся на сталелитейных производствах в странах ЕС, показали, что электросталеплавильный шлак (ЭСПШ) характеризуется сорбционной емкостью по фосфатам в диапазоне от 0,28 до 89 мг P/г [1].

Целью работы было определить возможность применения ЭСПШ ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК» (БМЗ) в качестве сорбционного материала для очистки сточных вод от фосфатов.

При выполнении работы были определены элементный и фазовый состав ЭСПШ, выполнено исследование микроструктуры поверхности, определены сорбционная емкость и коэффициент распределения фосфатов между твердой и жидкой фазами, установлены кинетические параметры сорбции фосфатов и влияние ЭСПШ на состав водных растворов, контактирующих с поверхностью шлака.

*ЭН (Эквивалентное население) – число жителей, которые вносят такое же количество загрязняющих веществ, оцениваемых по БПК5 ($г/м^3$), что и данный расход сточных вод [11].

Материалы и методы

Электросталеплавильный шлак. Объектом исследования был ЭСПШ БМЗ – отход производства третьего класса опасности, ежегодный объем образования, которого составляет около 600 тыс. т. В настоящее время ЭСПШ на БМЗ проходит дробление и последующую механическую классификацию на фракции размером от 0 до 60 мм. Шлак дробленный соответствует ТУ РБ 400074854.029-2008 используется при производстве асфальтобетона и дорожном строительстве [9]. Тем не менее, в связи с большим объемом образования, значительная часть ЭСПШ длительное время хранится в шлакохранилищах, оказывая отрицательное воздействие на окружающую среду.

В работе использовали ЭСПШ фракции с размерами частиц менее 0,25 мм, 0,25–1,2, 1,2–4,5 и 4,5–7,0 мм.

Методы анализа. Изучение микроструктуры и химического состава шлака проводили на сканирующем электронном микроскопе JSM-5610 LV с системой химического анализа EDX JED-2201. Фазовый анализ проб шлака был изучен с использованием методов ИК-спектроскопии и рентгенофазового анализа (РФА). РФА проводили на дифрактометре D8 Advance Bruker AXS в области $14-74^{\circ}2\theta$. ИК-спектры получали с использованием ИК-Фурье спектрометра Nexus E.S.P. в диапазоне волновых чисел $4000-400\text{ см}^{-1}$. Концентрацию фосфатов определяли фотоколориметрическим методом в соответствии с ISO 6878 [7], значения концентраций во всех случаях пересчитывали на фосфор. Значение pH определяли на pH-метре И-160.1 МП с комбинированным электродом ЭСКЛ-08М.1. Содержание ионов металлов (Fe, Al, Zn) в водных экстрактах определяли методом атомно-абсорбционной спектроскопии (ААС) на спектрофотометре GBC Avanta GM.

Определение сорбционной емкости. Исследование сорбционной емкости шлака по фосфору проводили в закрытых полиэтиленовых емкостях. В рабочие растворы различной концентрации (в диапазоне $0-300\text{ мг Р/дм}^3$) дозировали шлак фракций с размерами частиц менее 0,25 мм и 4,5–7,0 мм. Рабочие растворы готовили растворением навески KH_2PO_4 в растворе $0,1\text{н KNO}_3$. Пробы выдерживали при температуре $20\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ постоянно перемешивая в течении двух суток. Затем ЭСПШ отделяли фильтрованием. В фильтрате определяли остаточное содержание фосфатов.

Данные по сорбционной емкости, полученные в экспериментах, обрабатывали с помощью уравнений изотерм Ленгмюра (1) и Фрейндлиха (2) [12].

$$A = A_{\infty} \frac{K_L \cdot C_p}{1 + K_L \cdot C_p}, \quad (1)$$

$$A = K_F \cdot C_p^n \quad (2)$$

где A , A_{∞} – значения сорбционной емкости и максимальной сорбционной емкости соответственно, мг Р/г; K_L , K_F – константы сорбционного равновесия; n – постоянная, подбираемая опытным путём для наилучшего описания зависимости $A = f(C)$; C_p – равновесная концентрация фосфатов, мг Р/дм³.

Значение сорбционной емкости (мг Р/г сорбента) определяли формуле (3)

$$A = \frac{(C_{\text{исх}} - C_{\text{ост}}) \cdot V}{m}, \quad (3)$$

где $C_{\text{исх}}$, $C_{\text{ост}}$ – исходная и остаточная концентрация фосфатов в рабочих растворах, мг Р/дм³; V – объем рабочих растворов, дм³; m – масса навески ЭСПШ, г.

Коэффициент распределения фосфатов определяли по формуле (4)

$$K_p = \frac{A_{\text{макс}}}{C_p}, \quad (4)$$

где $A_{\text{макс}}$ – предельная сорбционная емкость шлака, мг Р/г; C_p – равновесная концентрация фосфатов, мг Р/дм³.

Определение кинетических характеристик процесса сорбции фосфатов. Исследование кинетики сорбции фосфатов ЭСПШ проводили в закрытых полиэтиленовых емкостях. Навеску шлака фракции диаметром менее 0,25 мм дозировали в рабочие растворы с исходной концентрацией фосфатов 100 мг Р/дм^3 , при соотношении жидкой и твердой фаз $100:1$. Рабочие растворы готовили растворением навески KH_2PO_4 в растворе $0,1\text{н KNO}_3$. Пробы выдерживали различное время (0, 1, 2, 4, 6, 8, 12, 24 и 48 часов) при температуре $20\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ периодически перемешивая. Затем шлак отделяли фильтрованием. В фильтрате определяли значение pH и остаточное содержание фосфатов.

Экспериментальные данные анализировали с помощью графического метода определения порядка реакции [5].

Фильтрационный эксперимент. Эффективность удаления фосфора с помощью ЭСПШ оценивали для двух вариантов организации контакта ЭСПШ с рабочими растворами. По первому варианту очистка рабочего раствора проводилась в режиме фильтрования. Через слой загрузки фильтровальной колонки пропускали рабочий раствор. Внутренний диаметр колонки 5,5 см, высота слоя загрузки 15 см, соответственно объем загрузки колонки составлял – 356 см³. Диаметр зерен загружаемого ЭСПШ находился в пределах 2–6 мм. Измеренный объем пор составлял – 150 см³, порозность – 42 %. С помощью фильтровальной колонки определяли гидравлические характеристики загрузки из шлака.

Рабочий раствор фосфатов подавали перистальтическим насосом с постоянным расходом 12,5 см³/мин в стеклянную колонку заполненную ЭСПШ. Гидравлическую нагрузку выдерживали таким образом, чтобы время контакта составляло 12 минут. Рабочие растворы с концентрацией фосфатов 10 мг P/дм³ готовили разбавлением концентрированного раствора КН₂РO₄ в водопроводной воде. На выходе из колонки в фильтрате определяли рН и остаточное содержание фосфатов.

Удаление фосфора в статических условиях. Для второго варианта организации процесса, исследовали эффективность удаления фосфатов из рабочих растворов, в статических условиях проводили с использованием ЭСПШ фракции с диаметром менее 0,25 мм. Рабочие растворы готовили растворением навески КН₂РO₄ в дистиллированной воде, рН растворов доводили до значения 7,0±0,3. В пробу дозировали разное количество ЭСПШ и выдерживали при температуре 20±0,5°С постоянно перемешивания в течении двух часов. Затем ЭСПШ отделяли фильтрованием и в фильтрате определяли остаточное содержание фосфатов и рН.

Выщелачивание металлов из ЭСПШ. Для определения влияния ЭСПШ на состав сточных вод готовили четыре вида вытяжек из шлака фракций 0,5–1,2 мм, при массовом соотношении жидкость : твердое – 20:1. Для этого навеску шлака помещали в полиэтиленовую емкость и заливали растворами 0,1н соляной кислоты, 0,1н гидроксида калия, 0,1н хлорида натрия и водопроводной водой. Вытяжки постоянно перемешивали на протяжении двух суток, при температуре 20±0,5°С.

Результаты и обсуждение

В работе определены элементный и фазовый состав шлака фракции с диаметром частиц менее 0,25 мм, определяющие сорбционные свойства ЭСПШ по фосфатам, представленные в таблице 1. Для сравнения приведены усредненные химические составы ЭСПШ БМЗ в соответствии с [8] и шлаков образующихся на европейских металлургических заводах [1].

Как видно из таблицы 1, в составе ЭСПШ преобладают Са, Si, Fe и Al. Состав фракции шлака с размерами частиц менее 0,25 мм значительно отличается от состава известных шлаков большим содержанием СаО и меньшим Fe₂O₃. Отличие состава исследуемой фракции от среднего состава шлака объясняется зависимостью химического состава от состава переплавляемого металлолома.

На рисунке 1 представлены результаты микрорентгеноспектрального анализа и микроструктура поверхности шлака фракции менее 0,25 мм.

Исследование микроструктуры поверхности ЭСПШ методом сканирующей электронной микроскопии при увеличении до 1000 раз показал, что он представляет собой непористый материал.

Таблица 1 – Элементный состав ЭСПШ БМЗ

| Оксиды | Усредненный состав ЭСПШ, образующегося в странах ЕС, масс. % | Усредненный состав ЭСПШ БМЗ, масс. % | Элементный состав ЭСПШ БМЗ фракции менее 0,25 мм, масс. % |
|--------------------------------|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| CaO | 23,8 | 48,04 | 54,32 |
| SiO ₂ | 14,0 | 23,34 | 20,17 |
| Fe ₂ O ₃ | 42,6 | 12,13 | 7,96 |
| Al ₂ O ₃ | 8,1 | 9,00 | 8,96 |
| MgO | – | 4,52 | 2,57 |
| MnO | 5,6 | 2,98 | 1,80 |
| ZnO | – | – | 2,50 |
| SO ₃ | – | – | 1,72 |

Е. Г. Сапог, В. Н. Марцукль – Использование электростагилеплавленного шлака в качестве сорбционного материала...

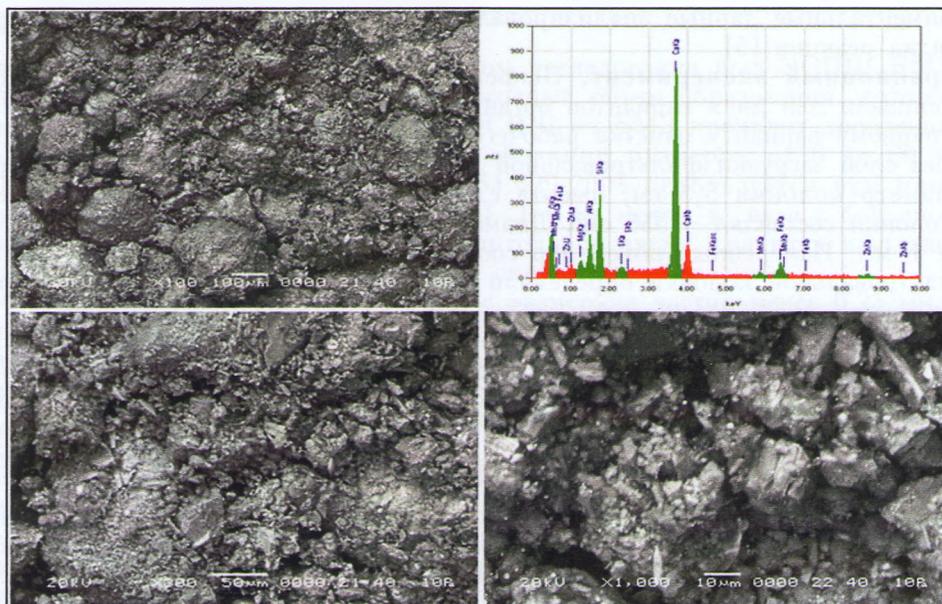


Рисунок 1 – Результаты электронной микроскопии ЭСПШ и химического анализа.

По результатам ИК-спектроскопии и РФА фазовый состав ЭСПШ характеризуется наличием карбонатов – кальцит (CaCO_3), силикатов – шеннонит ($\gamma\text{-Ca}_2\text{SiO}_4$), ларнит ($\beta\text{-Ca}_2\text{SiO}_4$), мервинита ($\text{Ca}_3\text{Mg}(\text{SiO}_4)_2$), монтичеллита (CaMgSiO_4), ранкинита ($\text{Ca}_3\text{Si}_2\text{O}_7$), а также железосодержащих фаз – гиленит $\text{Ca}_7\text{Al}(\text{AlSi})\text{O}_7$, андрадит $\text{Ca}_3\text{Fe}_2(\text{SiO}_4)_3$, магнетит (Fe_3O_4). Наряду с минералами и смесями оксидов металлов ЭСПШ содержит свободные оксиды кальция и магния.

Анализ элементного и фазового состава шлака БМЗ свидетельствует о возможности использования его в качестве эффективного сорбента фосфатов.

Изотермы сорбции для двух фракций ЭСПШ (менее 0,25 мм и 4,5–7,0 мм), представленные на рисунке 2.

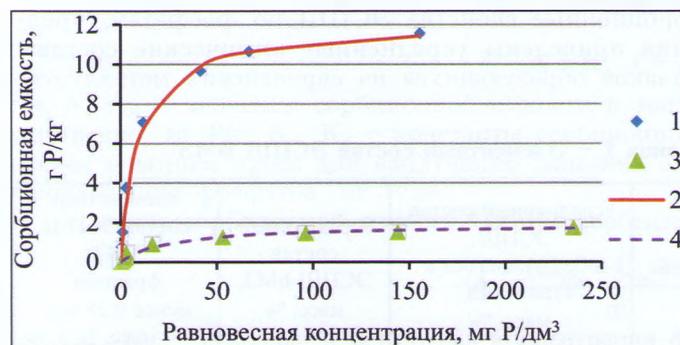


Рисунок 2 – Изотермы сорбции фосфатов на ЭСПШ. 1, 3 – экспериментальные значения сорбционной емкости ЭСПШ фракции с диаметром частиц менее 0,25 мм и 4,5–7,0 мм соответственно; 2, 4 – изотермы сорбции по Ленгмюру.

описываются изотермой Ленгмюра. Это позволяет сделать вывод о том, что сорбция между ЭСПШ и фосфатами носит химический характер и не осложняется побочными явлениями, например диссоциацией молекул адсорбированных на поверхности [10]. Данный результат хорошо согласуется с уже известными данными о химическом характере сорбции [1–4]. Механизм сорбции фосфатов на ЭСПШ включает следующие стадии: переход ионов кальция с поверхности шлака в раствор, образование нерастворимых фосфатов и последующее их осаждение на поверхности шлака.

Константы уравнений изотерм сорбции по Ленгмюру и Фрейндлиху рассчитанные по экспериментальным данным представлены в таблице 2.

Установлено, что предельная сорбционная емкость шлака по фосфатам фракции с размером частиц менее 0,25 мм составляет 11,55 г P/kg, для фракции 4,5–7,0 мм – 1,75 г P/kg, что согласуется с ранее полученными данными [1]. Коэффициенты распределения фосфатов для ЭСПШ фракции менее 0,25 мм и 4,5–7,0 мм соответственно равны 74,2 и 7,3. Следовательно, использование мелкой фракции позволяет более эффективно сорбировать фосфаты.

Как видно из рисунка 2, результаты экспериментального определения сорбционной емкости в диапазоне представленных равновесных концентраций хорошо

Среднее значение сорбционной емкости ЭСПШ составляет 6,65 г Р/кг, что в соответствии с классификацией, представленной в [2], позволяет отнести его к материалам с высокой сорбционной емкостью.

Таблица 2 – Константы уравнений изотерм сорбции

| Константы | Уравнение Ленгмюра для фракции | | Уравнение Фрейндлиха для фракции | |
|-----------------------|--------------------------------|----------|----------------------------------|----------|
| | менее 0,25 мм | 4,5–7 мм | менее 0,25 мм | 4,5–7 мм |
| A_{∞} , мг Р/г | 12,12 | 1,88 | – | – |
| N | – | – | 1,4259 | 0,5721 |
| K_L, K_F | 0,1067 | 0,0393 | 1,4325 | 42,3741 |
| R^2 | 0,9935 | 0,9884 | 0,4819 | 0,5682 |

Экспериментальные данные, полученные при исследовании кинетических характеристик сорбции, представленные на рисунке 3. О скорости процесса судили по изменению концентрации фосфатов в рабочем растворе во времени.

Установлено, что при обработке рабочего раствора шлаком БМЗ, концентрация фосфатов в нем снижается по зависимости описываемой уравнением (5) соответствующим уравнению скорости химической реакции второго порядка [5].

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_0} + k \cdot t, \quad (5)$$

где C_0 , C , – исходная и текущая концентрация фосфатов в растворе соответственно, мг Р/дм³; k – константа скорости, дм³/(мг Р·ч).

Следовательно, скорость сорбции лимитируется скоростью химической реакции и пропорциональна квадрату концентрации фосфатов в растворе. Значение константы скорости удаления фосфатов составляет 0,0031 дм³/(мг Р·ч). Линейное снижение концентрации фосфатов в растворе наблюдается в течение первых шести часов, за первые сутки концентрация фосфатов снижается до равновесной. Для достижения степени очистки от фосфатов 50 % требуется 3,2 ч, для 90 % – 29 часов.

Для определения гидравлических характеристик использования шлака в качестве фильтрационной загрузки и эффективности удаления фосфора в динамических условиях использовали фильтрационную колонку. Зависимости изменения концентрации фосфатов и рН на выходе из фильтрационной колонки во времени представлены на рисунке 4.

Время «проскока» фосфатов на выходе из фильтрационной колонки в данных условиях составило 10 часов. Степень очистки не менее 50 % сохранялась на протяжении 57 часов, полное исчерпание сорбционной емкости по фосфатам наблюдалось по истечении 100 часов фильтрования. За время полного насыщения шлака загрузки по фосфатам значение рН рабочего раствора на выходе из колонки снизилось от 11,5 до 8,3.

Для определения влияния расхода ЭСПШ на степень очистки от фосфатов проведены эксперименты в статических условиях с использованием водных растворов различной исходной концентрации. Экспериментальные данные, полученные в результате дозирования мелкодисперсного ЭСПШ фракции менее 0,25 мм в рабочие растворы представлены на рисунке 5.

При прочих равных условиях, наибольшая степень очистки модельных сточных вод была достигнута при исходной концентрации фосфатов 10 мг Р/дм³, которая составила 97 %. Для растворов с исходными концентрациями 100 и 150 мг Р/дм³ максимально достигнутые степени очистки составили соответственно 69,2 и 55,3 %. Дозирование ЭСПШ приводит к увеличению значения рН до 11, это указывает на образование гидроксидов. На

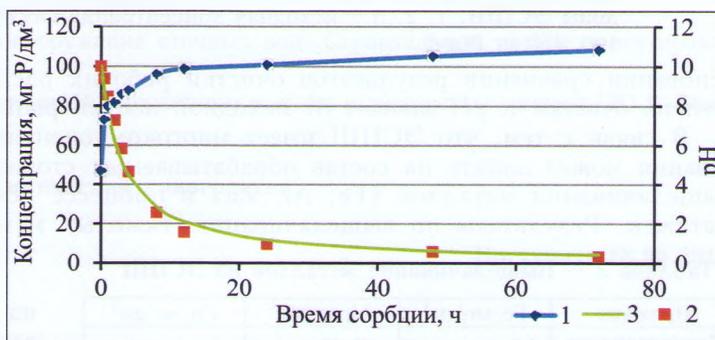


Рисунок 3 – Кинетика сорбции фосфатов ЭСПШ. 1 – изменение рН во времени; 2 – экспериментальные значения концентраций фосфатов; 3 – зависимость скорости химической реакции второго порядка.

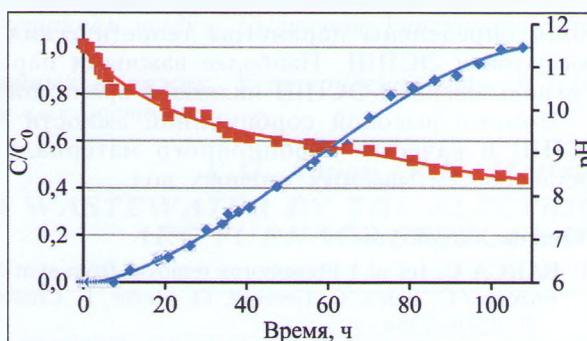


Рисунок 4 – Результаты фильтрационного эксперимента.

Е. Г. Сапон, В. Н. Марцупль – Использование электростабильного шлака в качестве сорбционного материала...

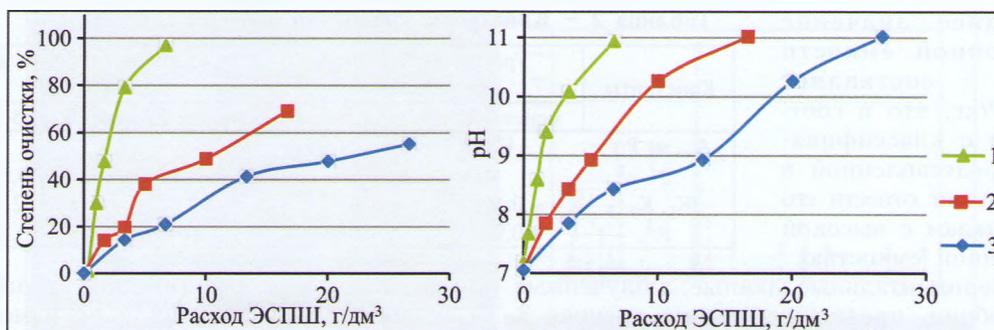


Рисунок 5 – Степень очистки и pH модельных сточных вод в зависимости от дозы ЭСПШ. 1, 2, 3 – исходная концентрация фосфатов в рабочих растворах 10, 100, 150 мг P/дм³.

основании сравнения результатов очистки рабочих растворов, можно сделать вывод, что степень очистки и pH зависят от исходной концентрации фосфатов.

В связи с тем, что ЭСПШ имеет многокомпонентный состав, он в процессе использования может влиять на состав обрабатываемых сточных вод. Для определения степени выщелачивания металлов (Fe, Al, Zn) в процессе использования делали четыре вида вытяжек. Результаты по выщелачиванию тяжелых металлов из ЭСПШ представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Выщелачивание металлов из ЭСПШ

| Вытяжка | Fe, мг/дм ³ | Al, мг/дм ³ | Zn, мг/дм ³ |
|--------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Водопроводная вода | * | * | * |
| 0,1н HCl | 0,57 | 0,23 | 0,16 |
| 0,1н NaCl | * | * | * |
| 0,1н KOH | 0,02 | 0,01 | * |

Примечание – * ниже предела обнаружения (Fe – 10 мкг/дм³, Al – 10 мкг/дм³, Zn – 7 мкг/дм³).

вод о том, что при использовании ЭСПШ не будет происходить вторичное загрязнение тяжелыми металлами, входящими в состав шлака, очищаемых сточных вод.

Выводы

По результатам выполненных исследований можно сделать вывод о том, что ЭСПШ БМЗ является эффективным сорбционным материалом для удаления фосфатов из сточных вод объектов малой канализации. Удаление фосфатов происходит преимущественно в результате образования малорастворимых фосфатов кальция. В результате исследований определены параметры теоретических уравнений, описывающих взаимодействие фосфатов и ЭСПШ. Наиболее важными параметрами организации сорбционной очистки с использованием ЭСПШ являются время контакта, pH и размер фракции ЭСПШ.

Помимо высокой сорбционной емкости по фосфатам достоинством использования ЭСПШ в качестве сорбционного материала является его незначительное влияние на состав обрабатываемых сточных вод.

• Список литературы

1. BARCA C. [et al.] Phosphorus removal from synthetic and real wastewater using steel slag produced in Europe / C. Barca, C. Gerente, D. Meyer, F. Chazarenc, Y. Andres // Water Research – 2012. – Vol. 46, – P. 2376–2384.
2. CUCARELLA V. [et al.] Phosphorus sorption capacity of filter materials used for on-site wastewater treatment determined in batch experiments – A comparative study / V. Cucarella, G.J. Renman // Environ. Qual. – 2009. – № 38, – P. 381–392.
3. GUSTAFSSON J.P. [et al.] Phosphate removal by mineral-based sorbents used in filters for small-scale wastewater treatment / J.P. Gustafsson, A. Renman, G. Renman, K. Poll // Water Research – 2008. – Vol. 42, – P. 189–197.
4. VOHLAA C. [et al.] Filter materials for phosphorus removal from wastewater in treatment wetlands – A review / C. Vohlaa, M. Koiva, H.J. Bavorb, F. Chazarenc, U. Mander / Ecological Engineering – 2008. – Vol. 42, – P. 70–89.
5. АНДРЕЕВ Г.Г. [и др.] Курс лекций по химической гетерогенной кинетике / Г.Г. Андреев, А.Н. Далеченко, О.Е. Пермяков // – Томск – Изд. ТПУ, – 2008. – 120 с.

Е. Г. Сагон, В. Н. Марцупль - Использование электросталеплавильного шлака в качестве сорбционного материала...

6. **ЕСИНА Е.А.** [и др.] Глубокая очистка сточных вод от биогенных элементов с применением минеральных реагентов / Е.А. Есина, Е.А. Лебедева // Вода и водоочистные технологии. – 2010 – № 3–4, – С. 40–42.
7. **ИСО 6878:2004** «Качество воды. Определение фосфора. Спектрометрический метод с молибдатом аммония».
8. **МЕЧАЙ А.А.** [и др.] Структура и свойства модифицированного ячеистого бетона на основе электросталеплавильного шлака / А.А. Мечай, Е.И. Барановская // Строительная наука и техника. – 2011, – 38, № 5. – С. 40–44.
9. **ОФИЦИАЛЬНЫЙ** сайт ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК» [Электронный ресурс]. – Шлак дробленый общие характеристики – Режим доступа: http://www.belsteel.com/buyer/prod_more.php?id=128&t=6&type=64 – Дата доступа: 17.07.2014.
10. **ПЯТЫЙ ДОКЛАД** Программы ООН по окружающей среде (UNEP) «Глобальная экологическая перспектива 5» (GEO-5) – ЮНЕП, 2012 – 572 с.
11. **ТКП 45-4.01-202-2010** «Очистные сооружения сточных вод. Строительные нормы проектирования».
12. **ФРОЛОВ Ю.Г.** Курс коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсные системы / Ю.Г. Фролов // – М. : Химия, 1982 – 464 с.

Белорусский государственный технологический университет

Рецензент В.П. Кольненко

Поступила 18.09.2014

Е.Г. Сапон, У.М. Марцуль
ВЫКАРЫСТАННЕ ЭЛЕКТРАСТАЛЕПЛАВІЛЬНАГА ШЛАКУ
Ў ЯКАСЦІ САРБЦЫЙНАГА МАТЭРЫЯЛУ ДЛЯ АЧЫСТКІ
СЦЁКАВЫХ ВОД АД ФАСФАТАЎ

У артыкуле разгледжаны асноўныя сарбцыйныя матэрыялы, якія выкарыстоўваюцца ў якасці сарбентаў фасфатаў, прадстаўлена іх класіфікацыя па паходжанні. Паказана, што электросталеплавільныя шлакі, дзякуючы іх хімічнаму складу з'яўляюцца перспектыўнымі матэрыяламі для сорбцыі фасфатаў.

З выкарыстаннем сучасных метадаў аналізу ўстаноўлены элементны і фазавы склад ЭСПШ БМЗ. Даследаваны сорбцыйныя ўласцівасці ЭСПШ адносна фасфатаў. Сарбцыйная ёмістасць шлака фракцыі з памерамі часціц ад 0 да 7 мм знаходзіцца ў дыяпазоне 1,75–11,55 мг P/g і значна залежыць ад ўдзельнай паверхні. Выяўлены кінэтычныя заканамернасці сорбцыі фасфатаў з выкарыстаннем шлаку. Вызначана канстанта хуткасці працэсу сорбцыі фасфатаў.

Даследаваўся ўплыў шлаку на склад водных выцяжак. Устаноўлена, што ЭСПШ аказвае нязначны ўплыў на склад апрацоўваемых раствораў.

Y.G. Sapon, V.N. Martsul
PHOSPHATESORPTION FROM WASTEWATER BY THE ELECTRIC
ARC FURNACE STEEL SLAG

The article describes the main sorption materials used as phosphates sorbents and their classification by origin. It is shown that electric arc furnace steel slag (EAFS) is promising material for the sorption of phosphates due to their chemical composition.

Modern methods of analysis were used to determine elemental set and phase composition EAFS. Sorption of phosphates by EAFS was investigated. The sorptive capacity of the slag fraction with particle size 0–7 mm is 1,75–11,55 mg P/g, and highly depends on the specific surface. Kinetic law of phosphates sorption using slag and the rate constants of the sorption were determined.

The influence of slag on the chemical composition of aqueous extracts was analyzed. Thus, it has been established that EAFS has little effect on the composition of treated solutions.

Е. Г. Сапон, В. Н. Марцуль – Использование электросталеплавильного шлака в качестве сорбционного материала...