
ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИИ. ВОДНЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

УДК 541.183.5 : 661.184.23

А.Р. Цыганов, первый проректор, д-р с/х. наук, профессор, академик НАН Беларуси
БГТУ, г. Минск;

А.С. Панасюгин, канд. хим. наук

ф-л БНТУ «Научно-исследовательский политехнический институт», г. Минск;

А.И. Теран, асп.

кафедра «Водоснабжения и водоотведения», БНТУ, г. Минск;

Н. П. Машерова, канд. хим. наук, доц.

Военная академия РБ, г. Минск;

В.А. Ломоносов, канд. хим. наук

ГО «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси
по материаловедению», г. Минск

КОНЦЕНТРИРОВАНИЕ ИЗ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ ИОНОВ Fe^{3+} , Cu^{2+} И Pb^{2+} ФИЛЬТРУЮЩИМИ ЗАГРУЗКАМИ, СОДЕРЖАЩИМИ СТАЛЕПЛАВИЛЬНЫЕ ШЛАКИ

Интенсивное развитие промышленности приводит к значительному росту различных типов отходов в частности сталеплавильных шлаков, что характеризуется высокой антропогенной нагрузкой на окружающую среду из-за несовершенства технологических процессов и накопления огромного количества данного класса отходов, что в свою очередь делает более сложным обеспечение экологической безопасности прилегающих территорий [1].

С экономической точки зрения сталеплавильные шлаки могут рассматриваться как потенциальное вторичное сырье и составляющих компонентов при производстве строительных материалов: порландцементного клинкера, керамзита, кирпича, асфальтобетона, а также фильтрующих материалов для очистки сточных вод предприятий машиностроительного профиля при соответствующем технологическом и нормативном обеспечении [2].

Внедрение малоотходных технологий стимулирует реализацию мероприятий по охране окружающей среды: выявление ресурсной ценности и полезных свойств металлургических шлаков, обоснование целесообразности их использования в качестве фильтрующих материалов.

Целью данной работы – было проведение исследований по определению кинетических параметров при концентрировании ионов Fe^{3+} , Cu^{2+} и Pb^{2+} фильтрующими загрузками, содержащими сталеплавильные шлаки.

Методика проведения эксперимента. Кинетические параметры при концентрировании ионов Fe^{3+} , Cu^{2+} и Pb^{2+} фильтрующими загрузками определяли следующим образом, к навескам исследуемого материала помещенного в колбы с притертыми пробками приливали по 100 мл растворов содержащих ионы Fe^{3+} , Cu^{2+} и Pb^{2+} , с концентрациями приведенных в таблице 1.

Затем через 5, 10, 20, 60, 120, 180, 360 и 540 минут, отбирали аликвоты, в которых определяли остаточное содержание Fe^{3+} , Cu^{2+} и Pb^{2+} на спектрометре SolarPV1251C по методикам [3–5].

Таблица 1 – Исходные концентрации ионов Fe^{3+} , Cu^{2+} и Pb^{2+}

№, п.п.	Ион	Мг/дм ³	Мг-экв/дм ³
1.	Fe^{3+}	20,0	1,07
2.	Cu^{2+}	20,0	0,625
3.	Pb^{2+}	20,0	0,13

Результаты и их обсуждение. На рисунке 1 представлены изотермы концентрирования (C) ионов Fe^{3+} , Cu^{2+} и Pb^{2+} фильтрующей загрузкой, полученной на основе шлака.

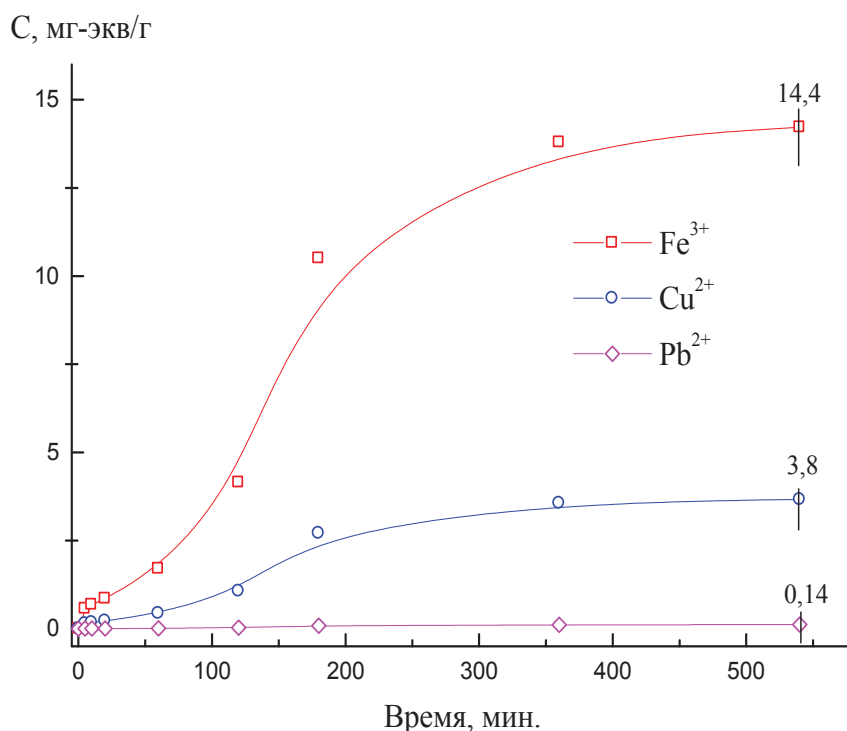


Рисунок 1 – Изотермы концентрирования (C) растворов ионов Fe^{3+} , Cu^{2+} и Pb^{2+} фильтрующей загрузкой, полученной на основе шлака

Как видно из представленных на рисунке 1 данных, количество осаждаемых ионов на фильтрующей загрузке в ряду изменяется следующим образом $\text{Fe}^{3+} \gg \text{Cu}^{2+} \gg \text{Pb}^{2+}$, что составляет 14,4; 3,8 и 0,14 мг-экв/г соответственно различие в сравнении с ионами Fe^{3+} для Cu^{2+} – 3,7 раза, для $\text{Pb}^{2+} \approx 10$ раз. Данное обстоятельство обусловлено, прежде всего, коллоидно-химическим состоянием ионов в водных растворах. В более ранних работах, где изучались параметры извлечения Fe^{3+} на фоне общего солесодержания 500 мг/дм^3 и Fe^{3+} до $50\text{-}60 \text{ мг/дм}^3$, было показано, что при гидролизе разбавленных растворов солей Fe (III) в составе гидрокскомплексов может находиться от 1 до 50 ионов железа (III). Следовательно, железо (III) находится в предкоагуляционном состоянии, и достаточно одного осаждающего иона, чтобы связать сразу несколько ионов железа (III). Поэтому взаимодействие больших количеств кислого раствора Fe^{3+} с силикатом кальция практически не снижает щелочность сорбента.

При описании процесса осаждения (концентрирования), учитывая его сложный характер, необходимо знание механизма и кинетических характеристик его отдельных стадий. Описание кинетики осаждения на основе формально-кинетического анализа позволяет учесть вклад диффузии и химических реакций, а также определить кинетические параметры.

На рисунке 2 представлена зависимость F от времени осаждения (концентрирования), где $F = C_R / C_{\text{max}}$, C_R – осаждающая способность материала за определенное время контакта (t); C_{max} – максимальное концентрирование.

С целью выявления лимитирующей стадии сорбции проанализирована типовая зависимость $F - t^{0,5}$ (рисунок 3).

При обработке кинетических кривых использовали упрощенные модели, учитывающие, что скорость процесса может контролироваться диффузией либо протеканием химических реакций. Применение формально-кинетического подхода при выборе модели, описывающей экспериментальные кинетические данные осаждения на основе закономерности $g(\alpha) = f(\tau)$ где $\alpha = 1 - F$, позволило определить механизм осаждения на отдельных стадиях процесса и кинетические характеристики.

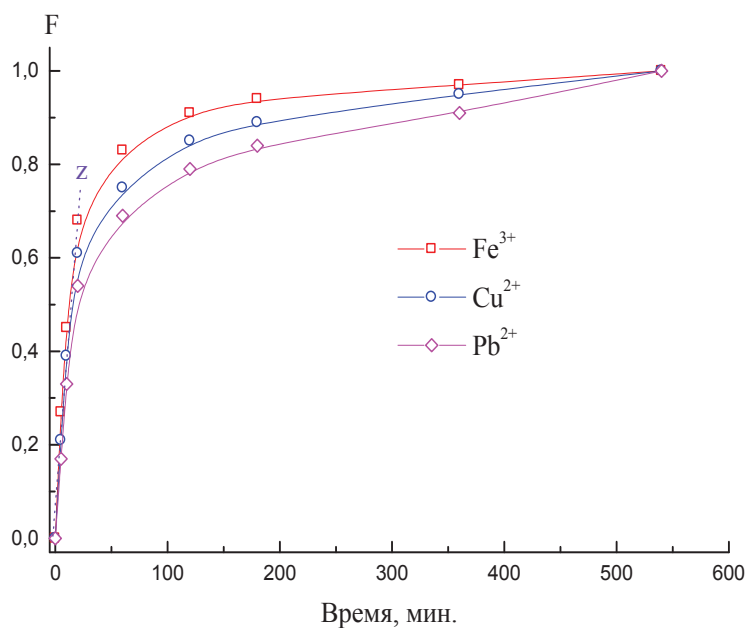


Рисунок 2 – Кинетическая зависимость степени концентрации (F) от времени контакта растворов ионов Fe^{3+} , Cu^{2+} и Pb^{2+} с фильтрующей загрузкой, полученной на основе шлака

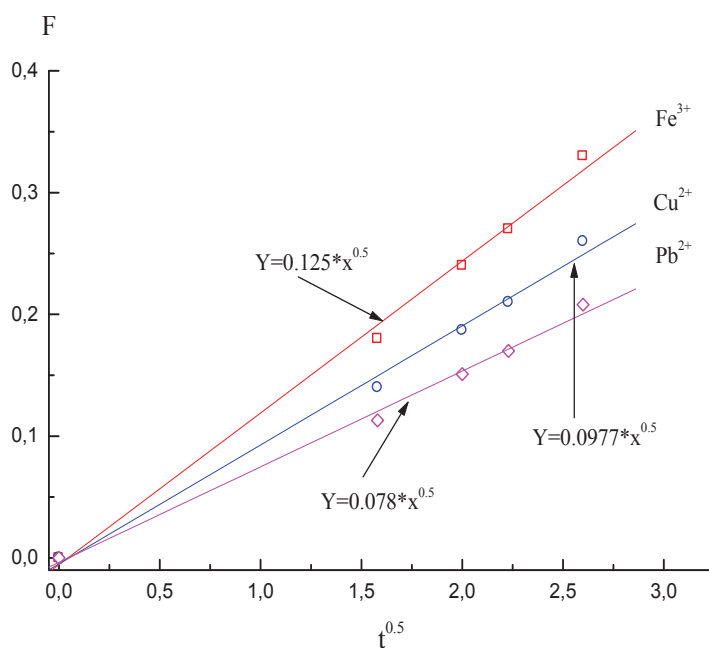


Рисунок 3 – Зависимость $F - t^{0.5}$ при концентрировании ионов Fe^{3+} , Cu^{2+} и Pb^{2+}

Вид функции $g(\alpha)$ зависит от механизма процесса и, как правило, заранее неизвестен. Для каждой установленной стадии, соответствующей определенному интервалу α , выбирали такую функцию $g(\alpha)$, соответствующую определенной кинетической модели, которая представляет идеализированное протекание процесса.

В таблице 2 представлены механизмы с соответствующими видами функции $g(\alpha)$.

Из совокупности уравнений были выбраны те, которые в заданной области степени завершения процесса давало минимальное значение дисперсии, то есть описывало процесс в системе на данном этапе с максимальной вероятностью. С учетом области применимости были выбраны три модели, которые наиболее соответствуют реальным процессам

С учетом того, что в ходе на наш взгляд было рационально принять во внимание представленную на рисунке 4 модель формирования осадка, где представлена схема развития реакционной зоны на границе раздела фаз.

Таблица 2 – Возможные механизмы процесса осаждения

№, п.п.	Механизм	Вид функции $g(\alpha)$
1.	Трёхмерная диффузия	$[1-(1-\alpha)^{1/3}]^2$
2.	Диффузия по Гинстлингу-Броунштейну	$[1-2/3 \alpha -(1-\alpha)^{2/3}]$
3.	Диффузия по Журавлёву-Темпельману	$[1/(1-\alpha)^{1/3}]^2$
4.	Реакция на границе раздела фаз	$1-(1-\alpha)^{1/3}$
5.	Зародышеобразование по Авраами-Ерофееву	$-\lg(1-\alpha)^{1/n}$
6.	Зародышеобразование по Прауту-Томпкинсу	$\ln[\alpha(1-\alpha)]^{1/2}$

В данном случае, когда реакция протекает в кинетической области, топохимическую реакцию можно представить как последовательность следующих стадий:

- 1) образование отдельных молекул или элементарных ячеек продукта реакции на поверхности раздела фаз;
- 2) возникновение отдельных зародышей (ядер) фазы продукта реакции (рисунок 4, t_2);
- 3) рост ядер вплоть до смыкания их (рисунок 4, t_3), образование на поверхности исходного вещества сплошного продукта реакции;
- 4) рост сплошного слоя продукта реакции и поверхности еще не прореагировавшего вещества (рисунок 4, t_4).

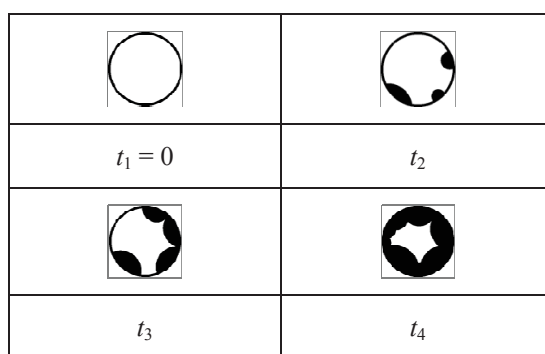


Рисунок 4 – Схема развития реакционной зоны на разделе фаз

Процесс осаждения на начальном этапе лимитирует химическая стадия зародышеобразования (формирование кристаллического осадка), далее – реакции на границе раздела фаз (образование на поверхности зародышей сплошного слоя продуктов реакции), а на заключительной стадии – рост сплошного слоя продуктов реакции.

Выявлено, что процесс осаждения на начальном этапе лимитирует химическая стадия зародышеобразования (формирование кристаллического осадка), далее – реакции на границе раздела фаз (образование на поверхности зародышей сплошного слоя продуктов реакции), а на заключительной стадии – рост сплошного слоя продуктов реакции.

Таким образом, для всех ионов интервалах α от 0.10 до 0.67 процесс описывается уравнением Авраами-Ерофеева: $g(\alpha) = -\lg(1-\alpha)^{1/n}$. Значение n , равное 3, позволяет говорить о замедлении кинетической стадии химического процесса.

В интервалах α от 0.54 до 0.94 процесс характеризуется реакциями на границе раздела фаз и соответствует уравнению $1-(1-\alpha)^{1/3}$, и как отмечалось выше образованию на поверхности зародышей сплошного продуктов реакции.

В интервале α от 0.83 до 0.99 процесс обусловлен реакциями на границе раздела фаз по уравнению $[1-(1-\alpha)^{1/3}]^2$, ростом сплошного слоя продуктов реакции.

Значения кинетических характеристик для конкретных ионов (Fe^{3+} , Cu^{2+} и Pb^{2+}) представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Кинетические параметры процесса осаждения

Ион	Интервал α	Вид функции $g(\alpha)$
Fe^{3+}	0.10–0,67	$-\lg(1-\alpha)^{1/n}$
	0,67–0,94	$1-(1-\alpha)^{1/3}$
	0,94–0,99	$[1-(1-\alpha)^{1/3}]^2$
Cu^{2+}	0.10–0.61	$-\lg(1-\alpha)^{1/n}$
	0.61–0.88	$1-(1-\alpha)^{1/3}$
	0,88–0,99	$[1-(1-\alpha)^{1/3}]^2$
Pb^{2+}	0.10–0,54	$-\lg(1-\alpha)^{1/n}$
	0.54–0.83	$1-(1-\alpha)^{1/3}$
	0,83–0,99	$[1-(1-\alpha)^{1/3}]^2$

Таким образом, в ходе выполнения исследований, что процесс осаждения на начальном этапе лимитирует химическая стадия зародышеобразования (формирование кристаллического осадка), далее – реакции на границе раздела фаз (образование на поверхности зародышей сплошного слоя продуктов реакции), а на заключительной стадии – рост сплошного слоя продуктов реакции.

Список использованных источников

1. Ляшко И.И. Логистические принципы разработки стратегии управления вторичными ресурсами // Сборник научных статей XIII международной научно-практической конференции «Экология и здоровье человека. Охрана воздушного и водного бассейнов. Утилизация отходов». УрГНТЦ «Энергосталь». – Харьков: Райдер, 2005. – С. 188-193.
2. Амитан В.Н, Потапова Н.Н Региональные аспекты управления ресурсосбережением // Менеджер. Вестник ДонГАУ. – 2002. – С. 115-120
3. Методика № 2.2.16.2 МВИ концентрации железа фотометрическим методом с о-фенантролином// Сборник методик выполнения измерений, допущенных к применению в деятельности лабораторий экологического контроля предприятий и организаций Республики Беларусь, ч.2. г Минск, 1997 г., с. 205-209.
4. Методика № 2.2.29.1 МВИ концентрации меди фотометрическим методом с диэтилдитиокарбаматом свинца// Сборник методик выполнения измерений, допущенных к применению в деятельности лабораторий экологического контроля предприятий и организаций Республики Беларусь, ч.1. г Минск, 1997 г., с. 203-209.
5. Методика № 2.1.32.2 МВИ концентрации свинца фотометрическим методом с дитиозоном// Сборник методик выполнения измерений, допущенных к применению в деятельности лабораторий экологического контроля предприятий и организаций Республики Беларусь, ч.2. г Минск, 1997 г., с. 155-158.

УДК 502.5

В. В. Смелов¹, М. П. Оношко², А. А. Захаров³

¹ Белорусский государственный технологический университет

² Филиал «Институт геологии» Государственного предприятия «НПЦ по геологии»

³ Институт природопользования национальной академии наук Беларуси

ЭКСПЕРТНАЯ СИСТЕМА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ ПРОЛИВА НЕФТЕПРОДУКТОВ

Совместно с Республиканским унитарным предприятием «Научно-производственный центр по геологии» командой разработчиков кафедры ИСИТ БГТУ выполнена опытно-