



УДК 628.16:620.17.3

## Адсорбция катионов железа и цинка аспирационной пылью

Малахатка Ю.Н., Тарасова Г.И.

*Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, Белгород*

Поступила в редакцию 13.07.2012 г.

---

### Аннотация

Исследован процесс адсорбции катионов железа (II,III) и цинка на поверхности аспирационной пыли (АП) Белгородского ОАО «Стройматериалы». Получены количественные характеристики процесса адсорбции данных катионов.

**Ключевые слова:** тяжелые металлы, очистка сточных вод, адсорбция.

Process of adsorption of cations of iron (by II, III) and zinc on a surface of an aspiratsionny dust (AP) of the Belgorod JSC Stroymaterialy is investigated. Quantitative characteristics of process of adsorption of these cations are received.

**Keywords:** heavy metals, sewage treatment, adsorption

---

### Введение

В настоящее время очистка сточных вод различных производств является актуальной в связи с продолжающимся ростом антропогенной нагрузки на окружающую среду. Одним из наиболее распространенных загрязнителей окружающей среды являются ионы тяжелых металлов, которые приводят к изменению физико-химических свойств сточных вод, нарушают процессы биологического самоочищения водоемов, влияют на состояние здоровья человека и живых организмов [1]. Поэтому разработка методов очистки с применением новых дешевых сорбентов на основе отходов промышленности является одной из актуальных задач современности.

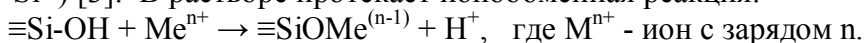
### Теоретическая часть

Известные способы очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов основаны на коллоидно-химических процессах флокуляции, адсорбции, осаждения и т.д. В то же время большинство из них являются дорогостоящими, сложными в исполнении, ориентируются на импортное оборудование и дефицитные реагенты. В связи с этим особый интерес представляют недорогие и эффективные способы очистки сточных вод, основанные на использовании отходов промышленности и местного сырья как сорбента [2].

---

В качестве нового материала для реагентно-сорбционной очистки предлагается использовать аспирационную пыль (АП) Белгородского ОАО «Стройматериалы». Известно, что ионы тяжелых металлов способны образовывать малорастворимые гидроксиды в нейтральных или щелочных средах. А данная пыль, за счет содержания в ее составе CaO, повышает pH среды. Это послужило предпосылкой для использования АП при реагентной очистке сточных вод от ионов железа и цинка.

Кроме того, благодаря наличию в пыли SiO<sub>2</sub> возможно образование ортокремниевой кислоты H<sub>4</sub>SiO<sub>4</sub> (SiO<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O), а также метакремниевой H<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> (SiO<sub>2</sub>·H<sub>2</sub>O), двуметакремниевой H<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (2SiO<sub>2</sub>·H<sub>2</sub>O) и двуортокремниевой H<sub>6</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>7</sub> (2SiO<sub>2</sub>·3H<sub>2</sub>O) кислот. Основной формой существования свободной кремниевой кислоты является H<sub>4</sub>SiO<sub>4</sub>, содержащая в своем составе силанольные группы (≡Si-OH), способные к реакции поликонденсации с образованием силоксановых связей (≡Si-O-Si≡) [3]. В растворе протекает ионообменная реакция:



За счет этого процесса становится возможным протекание процесса адсорбции на поверхности частиц АП.

Таким образом, можно решить две важные задачи: рентабельная и эффективная очистка сточных вод от ионов тяжелых металлов и утилизация производственного отхода.

## Эксперимент

Химический состав АП определяли микрорентгеноспектральным методом. Наряду с химическим составом определяли физико-химические свойства АП: насыпную, истинную плотности (пикнометрическим методом в спиртовом растворе), содержание в ее составе (CaO)<sub>акт</sub> (титрованием 1%-ным спиртовым раствором фенолфталеина), удельную поверхность (по метиленовому голубому), pH водной вытяжки (на pH-метре марки И-500).

Основные сведения о сорбционных свойствах материала и характере сорбции на нем определенных веществ могут быть получены из изотерм сорбции, характеризующих зависимость сорбционной способности от концентрации сорбируемого компонента при постоянной температуре. Количественно адсорбция (А) определяется избытком вещества на границе фаз по сравнению с равновесным количеством данного вещества. Сравнивая значения исходной концентрации исследуемых ионов с остаточной концентрацией этих ионов в растворах после контакта раствора с сорбентом, можно сделать вывод об адсорбционной способности данного иона на исследуемом сорбенте и свойствах самого сорбента.

Исследование равновесных характеристик сорбции проводили в статических условиях при постоянной температуре (Т=293 К) на модельных железо- и цинксодержащих растворах в диапазоне концентраций 20–220 мг/л. Масса навески АП составляла 0,5 г на 1 л раствора. Время установления равновесия составило 24 часа.

Величину адсорбции вычисляли по известному уравнению (1):

$$A = \frac{(C_o - C_k) \cdot V}{m} \quad (1)$$

где C<sub>о</sub>, C<sub>к</sub> – начальная и конечная концентрации ионов металлов, мг/л; V – объем рабочего раствора, л; m – масса сорбента, используемого для процесса сорбции, г.

Результаты анализов обрабатывались с вычислением среднего арифметического значения величины адсорбции для каждой исследуемой концентрации из трех выполненных экспериментов.

### Обсуждение результатов

Химический состав и физико-химические характеристики АП представлены в табл. 1, 2.

Таблица 1. Химический состав АП, масс. %

CaO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	п.п.п.	Σ
45.7	46.8	0.7	2.12	0.05	0.03	0.3	4.1	99.8

Таблица 2. Физико-химические характеристики АП

Характеристика	Размерность	Значения
Влажность, W	%	5
pH водной вытяжки	-	12
Насыпная плотность, ρ <sub>нас</sub>	кг/м <sup>3</sup>	730
Истинная плотность, ρ <sub>ист</sub>	кг/м <sup>3</sup>	1825
Удельная поверхность	м <sup>2</sup> /кг	220
Содержание СаОакт	%	46

Пыль, в состав которой входит до 46% СаО, при растворении повышает pH среды с 3 до 8,5. При этом катионы Fe<sup>3+</sup>, Fe<sup>2+</sup>, Zn<sup>2+</sup> выпадают в осадок в виде гидроксидов Fe(OH)<sub>3</sub>, Fe(OH)<sub>2</sub>, Zn(OH)<sub>2</sub>.

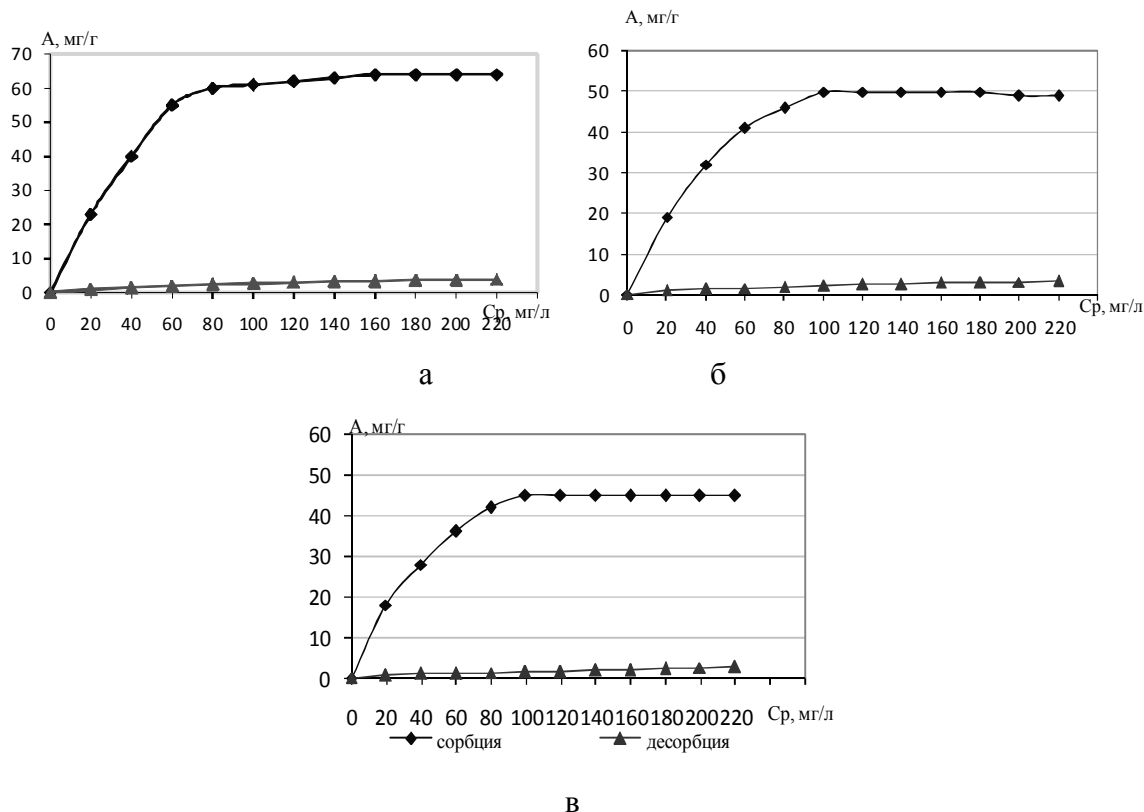


Рис. 1. Изотермы адсорбции и десорбции ионов а)- Fe<sup>3+</sup>, б)- Fe<sup>2+</sup>, в)- Zn<sup>2+</sup> на поверхности АП

По экспериментальным данным была рассчитана адсорбция ионов  $Fe^{3+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$  и построены кривые сорбции и десорбции (рис. 1а, б, в).

По полученным кривым адсорбции и десорбции можно сделать вывод о том, что в основе механизма сорбции тяжелых металлов на АП лежат химические процессы. Так как процесс массообмена при адсорбции независимо от условий контакта адсорбента с адсорбируемым веществом осуществляется путем диффузии молекул от внешней среды к поверхности частиц адсорбента и диффузии молекул от внешней поверхности частиц к ее центру по каналам различного сечения, пронизывающих зерна. Выпуклый участок изотермы указывает на наличие в сорбенте микропор, но, кроме того, имеются и макропоры. Вид изотермы описывает сильное межмолекулярное взаимодействие в веществе сорбата [3].

Как видно из результатов исследований (рис.1), сорбционная емкость при  $T=293\text{ K}$  для ионов  $Fe^{3+}$  составляет 60 мг/г, для ионов  $Fe^{2+}$  - 45 мг/г, для ионов  $Zn^{2+}$  - 40 мг/г. Значения сорбционных емкостей для всех трех ионов близки. Различия в значении  $A$  (мг/г) для ионов железа и цинка, очевидно, можно объяснить небольшой разницей в размерах их ионов. Так, размер иона  $Fe^{3+}$  составляет 0,067 нм, для иона  $Fe^{2+}$  - 0,08 нм, для иона  $Zn^{2+}$  - 0,083 нм.

### Заключение

На основании проведенного исследования можно сделать вывод о том, что АП можно использовать в качестве реагента и сорбента для очистки сточных вод от катионов железа (II, III) и цинка.

### Список литературы:

1. Свергузова С.В. Качество воды водных объектов и здоровье населения//Материалы Международной научной конференции студентов и молодых ученых «Интеграционные процессы и инновационные технологии в мировом и национальном измерении. Достижения и перспективы технических наук». Харьков, 2008. С.148-150.
2. Лупандина Н.С. Использование производственных отходов для очистки сточных вод // Экология и промышленность России. 2010г. май. С.38-41.
3. Шабанова Н.А., Попов В.В., Саркисов П.Д. Химия и технология нанодисперсных оксидов: Учебное пособие. – М.: ИКЦ «Академкнига». 2006. – 309 с.

---

**Тарасова Галина Ивановна** – доцент, к.х.н., профессор, Белгородский государственный технологический университет им.В.Г. Шухова, Белгород, (4722)-30-99-92 (раб.)

**Малахатка Юлия Николаевна** – аспирант, Белгородский государственный технологический университет им.В.Г. Шухова, Белгород

**Tarasova Galina I.** - docent, cand.Sci.Chem., professor, Belgorod State technological University of V.G. Shukhov, Belgorod

**Malakhatka Julia N.** - post-graduate student of Belgorod State technological University of V.G. Shukhov, Belgorod, E-mail: [malakhatka@yandex.ru](mailto:malakhatka@yandex.ru)