

Список использованных источников:

1. Воскобойников В.Г. Общая металлургия : учебник для вузов / В.Г. Воскобойников, В.А. Кудрин, А.М. Якушева. – 6-е изд., перераб и доп. – М. : ИКЦ «Академкнига», 2002. – 768 с. – 253 с. : ил.
2. Зубов В.Л. Электрометаллургия ферросилиция / В.Л. Зубов, М.И. Гасик – Днепропетровск : Системные технологии, 2002. – 704 с.
3. Теслев С.А. Использование железорудных неофлюсованных окатышей при производстве ферросилиция / С.А. Теслев, Е.П. Теслева // Инновационные технологии и экономика в машиностроении : сборник трудов VI Международной научно-практической конференции. – Томск : ТПУ, 2015 – С. 155–158.
4. Кожевникова К.В. Переработка шлака при производстве ферросилиция / К.В. Кожевникова, Е.П. Теслева // Научные исследования XXI века. – 2023. – № 1. – С. 45–49.
5. Разинов А.И. Процессы и аппараты химической технологии / А.И. Разинов, А.В. Клинов, Г.С. Дьяконов. – URL: <https://studfile.net/preview/2036692/page:9/> (дата обращения: 10.04.2024). – Текст: электронный.
6. Сухие методы очистки: сферы применения, виды, преимущества и недостатки – URL: <https://fakelf.ru/blog/13-02-20> (дата обращения: 10.04.2024). – Текст: электронный.

### СОРБЦИОННАЯ ОЧИСТКА ВОДНЫХ СРЕД, СОДЕРЖАЩИХ ИОНЫ $Cd^{2+}$ И $Pb^{2+}$

*П.Н. Максимов<sup>a</sup>, аспирант, Н.А. Калинина, аспирант, Д.В. Мартемьянов, инженер  
Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
634050, г. Томск, пр. Ленина, 30  
E-mail: <sup>a</sup>pnm1@tpu.ru*

**Аннотация:** Использовался сорбент для очистки воды от тяжёлых металлов. Велось извлечение ионов  $Cd^{2+}$  и  $Pb^{2+}$  из модельного раствора.

**Ключевые слова:** Тяжёлые металлы, очистка воды, ионы кадмия, сорбент, ионы свинца, инверсионная вольтамперометрия.

**Abstract:** A sorbent was used to purify water from heavy metals. Extraction of  $Cd^{2+}$  and  $Pb^{2+}$  ions from the model solution was carried out.

**Keyword:** Heavy metals, water purification, cadmium ions, sorbent, lead ions, inversion voltammetry.

Среди химических загрязнителей, находящихся в воде, тяжёлые металлы представляют повышенную опасность [1, 2]. Они могут накапливаться в организме человека, тем самым, со временем отравляя его. Кадмий нарушает деятельность почек и искривляет кости. Медь может разрушить костную систему и спровоцировать анемию. Цинк может вызвать онкологию. Ртуть влияет на память и речь, а также вызывает головные боли. Кобальт образует недостаточное количество витамина В в организме. Негативное давление тяжёлых металлов на организм человека, может разделяться на следующие этапы:

- канцерогенное, которое может привести к онкологии;
- тератогенное, дезорганизовывает развитие;
- мутагенное, влечёт разрушение ДНК;
- нейротоксичное, вызывает негативное воздействие на структуру центральной и периферической нервной системы;
- эндокринное, пагубно влияет на действие гормонов.

Накапливаясь в организме человека, тяжёлые металлы практически не выводятся из него, что в последствии приводит помимо перечисленных факторов, к мутациям.

Для нивелирования таких последствий, надо потреблять в питьевых целях только воду, очищенную до соответствующих норм. Одними из самых опасных тяжёлых металлов, выступают ионы свинца и ионы кадмия. Из различных методов удаления ионов тяжёлых металлов из водной среды, имеется целесообразность отметить сорбционный способ очистки [3–8]. Данная технология проста в использовании, эффективна, применима в разных условиях и имеет низкую себестоимость [9].

В работе будут рассмотрены два модифицированных сорбционных материала на основе магнетита и на основе горелой породы (розового песка).

Исследовались два фракционных состава сорбента: 0,1–0,5 мм и 1,2–3 мм. Методом БЭТ изучали у представленных объектов удельный объём пор и удельную поверхность. В режиме статике велись сорбционные эксперименты, с применением магнитной мешалки. Продолжительность взаимодействия изучаемых объектов и модельного раствора было выбрано от 1 до 60 минут. Присутствие ионов  $Cd^{2+}$  и  $Pb^{2+}$  в приготовленных водных средах были: кадмий – 10,1 мг/дм<sup>3</sup>; свинец – 10,26 мг/дм<sup>3</sup>. С использованием дистиллированной воды и государственных стандартных образцов (ГСО) кадмия и свинца получали растворы для сорбционного тестирования образцов. Метод анализа загрязняющих элементов в водной среде – инверсионная вольтамперометрия (прибор-анализатор ТА-07).

Таблица 1

Размер удельного объёма пор и удельной поверхности у объектов исследования на базе магнетита и горелой породы с всевозможным размером фракций

Образец	Размер гранул, мм	Удельная поверхность, м <sup>2</sup> /г	Удельный объём пор, см <sup>3</sup> /г
На магнетите	0,1–0,5	4,77	0,001
	1,2–3	1,326	0
На горелой породе	0,1–0,5	18,41	0,008
	1,2–3	10,83	0,005

Из таблицы видно, что большие изучаемые значения показаны у сорбционного материала на основе горелой породы. У сорбента на основе магнетита на порядок меньше удельная поверхность и удельный объём пор. Образцы с меньшим фракционным составом (0,1–0,5), обладают повышенными исследуемыми характеристиками.

Определение эффективности сорбционных значений материалов, при удалении ими из смоделированных сред ионов Cd<sup>2+</sup>, приведены на рисунке 1. Нумерация материалов была следующей: 1 – сорбент на основе магнетита (0,1–0,5 мм); 2 – сорбент на основе магнетита (1,2–3 мм); 3 – сорбент на основе горелой породы (0,1–0,5 мм); 4 – сорбент на основе горелой породы (1,2–3 мм).

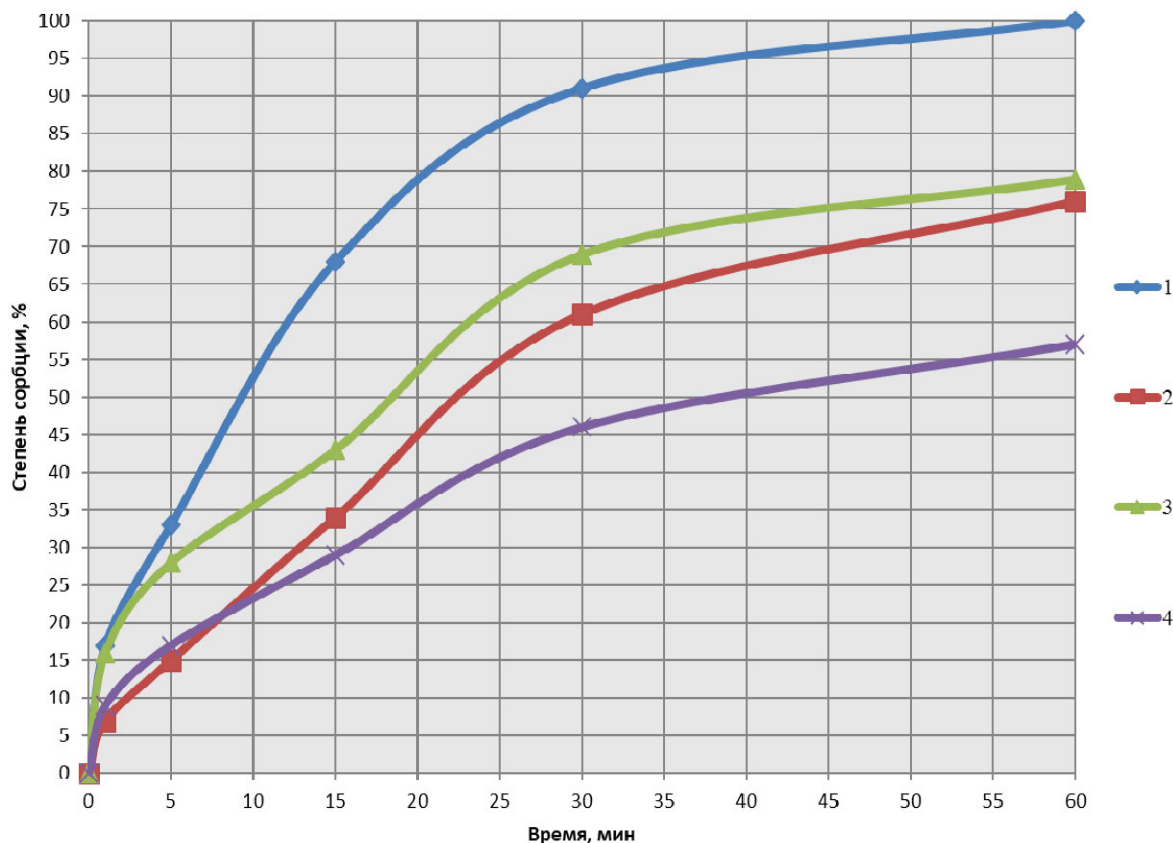


Рис. 1. Удаление ионов Cd<sup>2+</sup> из смоделированных сред в статическом режиме

Из рисунка 1 изображено, что особо высокие значения у образца на основе магнетита, с размером частиц 0,1–0,5 мм. Тот же сорбент, но с фракцией 1,2–3 мм, показывает значительно более низкие свойства.

У сорбента на базе горелой породы, изучаемые характеристики гораздо ниже, чем у предыдущего материала. Также, видна зависимость степени очистки раствора, от фракционного состава материала.

Свойства по сорбции у объектов, при удалении ими из смоделированной среды ионов Pb<sup>2+</sup>, приведены на рисунке 2.

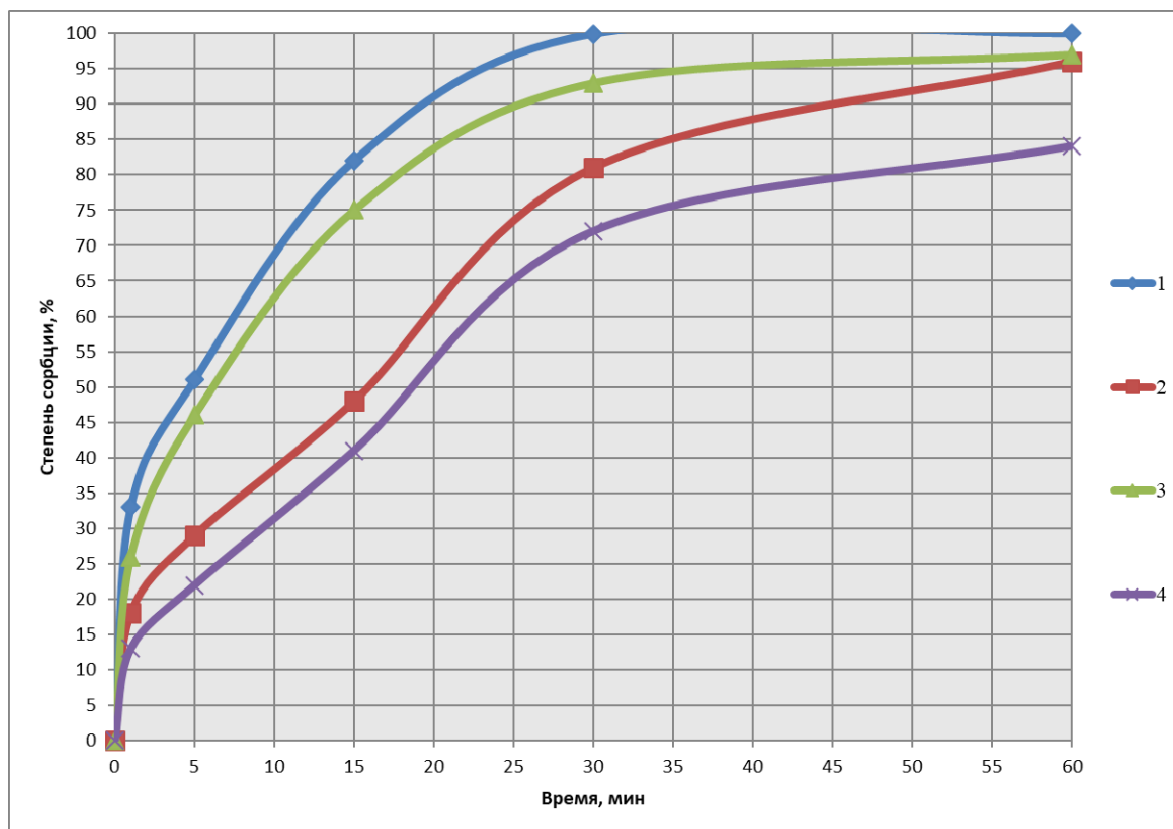


Рис. 2. Извлечение ионов  $Pb^{2+}$  из модельного раствора в процессе статической сорбции

На рисунке 2 наблюдается корреляция размера частиц материала, и его водоочистных свойств. С увеличением размера частиц сорбента, сорбционные свойства снижаются. Видна хорошая сорбционная способность обоих материалов, но образец на основе магнетита имеет лучшие свойства.

Список использованных источников:

1. Мазур И.И. Инженерная экология: общий курс: справочное пособие / И.И. Мазур, О.И. Молдаванов, В.Н. Шишов. – М. : Высш. школа, 1996. – 637 с.
2. Мартемьянов Д.В. Определение сорбционных характеристик различных минералов при извлечении ионов  $As^{5+}$ ,  $Cr^{6+}$ ,  $Ni^{2+}$  из водных сред / Д.В. Мартемьянов, А.И. Галанов, Т.А. Юрмазова // *Фундаментальные исследования*. – 2013. – № 8 (часть 3). – С. 666–670.
3. Использование природного глауконита для очистки воды из реки Ушайка / П.Б. Бухарева, Д.В. Мартемьянов, О.Б. Назаренко, И.В. Мартемьянова // *Энергетика : Эффективность, надежность, безопасность : материалы XXI всероссийской научно-технической конференции*. – Томск, 2015. – Т. 2. – С. 113–116.
4. Исследование сорбционных свойств синтетического адсорбента в процессах водоочистки / В.В. Зарубин, Д.В. Мартемьянов, И.В. Мартемьянова, А.В. Рыков // *Энергетика : Эффективность, надежность, безопасность : материалы XXI всероссийской научно-технической конференции*. – Томск, 2015. – Т. 2. – С. 187–189.
5. Мартемьянов Д.В. Исследование свойств сорбента глауконит гранулированный / Д.В. Мартемьянов, Д.Н. Мухортов, Ф.Е. Сапрыкин // *Инновационные процессы в научной среде : сборник статей Международной научно-практической конференции*. – Уфа, 2015. – С. 31–33.
6. Смирнов А.Д. Сорбционная очистка воды / А.Д. Смирнов. – Л. : Химия, 1982. – 168 с.
7. Исследование свойств наноструктурного адсорбента / И.В. Мартемьянова, А.Ю. Мосолков, Е.В. Плотников [и др.] // *Мир науки*. – 2015. – Выпуск 2. – С. 1–10.
8. Мартемьянова И.В. Изучение свойств модифицированного сорбента на основе глауконита при извлечении ионов  $Fe^{3+}$  и  $Pb^{2+}$  из модельных растворов / И.В. Мартемьянова, Е.А. Денисенко, Д.В. Мартемьянов // *Сборник статей Международной научно-практической конференции Теоретические и практические аспекты развития научной мысли в современном мире*. – Уфа. – С. 15–17.