

## **Современные сорбенты для очистки сточных вод от молибдат-ионов**

Терехова М.В., д.х.н. проф. Горичев И.Г., к.х.н. Русакова С.М., к.х.н. доц. Артамонова И.В.

Университет машиностроения  
8-926-664-30-40, [dolgaleva\\_inna@mail.ru](mailto:dolgaleva_inna@mail.ru)

*Аннотация.* Исследованы адсорбционные способности отходов алюмосиликатного производства по отношению к молибдат-ионам. Предложен кислотный способ активации красного шлама и алюмосиликатного компонента (АСК), позволяющий увеличить их адсорбционные свойства.

*Ключевые слова:* красный шлам, алюмосиликатный компонент, адсорбция, молибдат-ионы, изотерма Ленгмюра.

Работа выполнена при финансовой поддержке государственной программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009–2013годы» (контракты №14.740.11.1095, 16.740.11.0679) и аналитической ведомственной целевой программы (шифр заявки № 3.5258.2011).

### **Введение**

При производстве глинозема по методу Байера в качестве побочного продукта образуется красный бокситовый шлам – мелкодисперсное вещество.

Из-за отсутствия эффективных технологий переработки основная масса красных шламов не используется и складывается в специальных шламохранилищах. В настоящее время количество депонированного красного шлама (из-за отсутствия переработки) исчисляется сотнями миллионов тонн. Ежегодный прирост только по одному из заводов составляет порядка 800 тысяч тонн, потому вопрос его переработки очень актуален на сегодняшний день и требует как можно скорейшего решения.

Утилизация и переработка накопленных в избытке подобных отходов производства является важными научно-техническими задачами, так как красный шлам оказывает негативное воздействие на окружающую среду.

В работе исследуется возможность красного шлама адсорбировать молибдаты из водных растворов.

Цель работы:

- Изучить адсорбционную способность красного шлама и алюмосиликатного компонента по отношению к молибдат-ионам.
- Увеличить адсорбционную способность красного шлама и АСК путем активации их соляной кислотой.
- Исследовать влияние рН раствора электролита на эффективность адсорбции молибдат-ионов.

### **Методика эксперимента**

Красный шлам и алюмосиликатный компонент, используемые в данном исследовании, были произведены на Уральском Алюминиевом заводе (УАЗ). Этот неактивированный шлам без каких-либо изменений использовался в эксперименте.

Активацию красного шлама и алюмосиликатного компонента проводили путем промывания раствором соляной кислоты с концентрацией 0,1 моль/л, при этом уровень рН промывных вод снизился примерно с 12 до 8.

Адсорбцию молибдат-ионов проводили при начальной концентрации молибдена в растворе от 0,0015 до 0,005 моль/л при постоянной концентрации фонового электролита KCl 0,1 моль/л. Масса адсорбента во всех случаях была равной 1грамм, и время контакта его с раствором молибдата составляло 1 час при непрерывном перемешивании на магнитной мешалке со скоростью вращения 350 об/мин.

Для определения концентрации молибдат-ионов в растворе применяли роданидный ме-

тод, измерения оптической плотности испытуемых растворов по отношению к нулевому раствору проводили на спектрофотометре СФ-56 по методике[1].

Величина адсорбции определялась по разности начальной и конечной концентрации ионов, отнесенной к единице массы адсорбента и вычислялась по формуле:

$$\Gamma = \frac{C_{(нач.)} - C_{(кон.)}}{m},$$

где:  $\Gamma$  - величина адсорбции,  $C$  – концентрация молибдат-ионов в растворе,  $m$  – масса адсорбента.

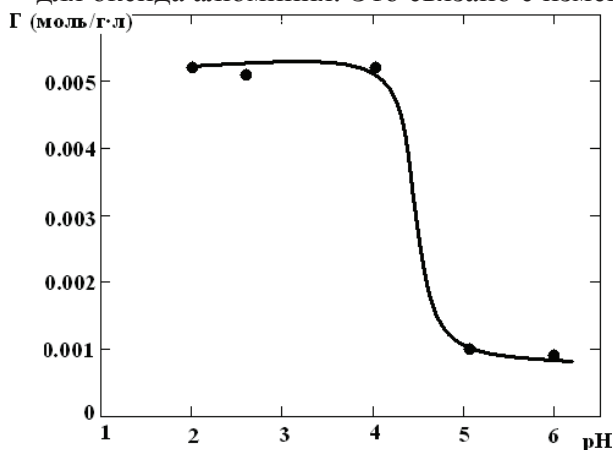
### Результаты и их обсуждения

#### *Сравнение способности красного шлама и аморфных оксидов алюминия и железа адсорбировать молибдат-ионы*

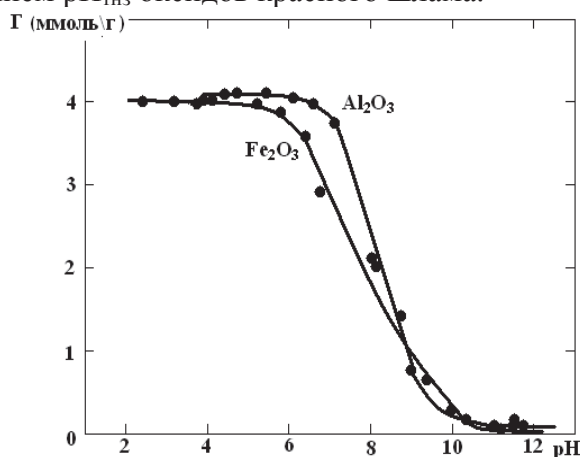
В литературе накоплен некоторый экспериментальный материал по данной теме [2-4]. В данной работе использовались результаты исследований по адсорбции анионов на оксидах алюминия и железа, проведенные зарубежными авторами [2, 3]. Адсорбция молибдат-ионов на красном шламе выполнена по методике, использованной авторами в своих трудах [2].

Зависимость адсорбции от рН среды на красном шламе и оксидах железа и алюминия для молибдат-ионов представлены на рисунках 1 и 2. При анализе данных рисунков можно выделить следующие особенности:

- С увеличением значения рН адсорбция молибдат-ионов уменьшается.
- При адсорбции молибдат-ионов на красном шламе наблюдается уменьшение адсорбции при более высоких рН.
- Адсорбция легко протекает в области рН от 4 до 8, где поверхность оксидов алюминия и железа имеет отрицательный заряд.
- Кривая адсорбции молибдат-ионов на красном шламе, как и кривая адсорбции на аморфном оксиде алюминия, имеет похожую скачкообразную форму.
- Скачок величины адсорбции наблюдается при рН = 4-5 для красного шлама и рН = 7-8 для оксида алюминия. Это связано с изменением рН<sub>тнз</sub> оксидов красного шлама.



**Рисунок 1. Зависимость адсорбции молибдат-ионов на красном шламе от рН,  $C_{нач.}=1,0$  ммоль/л**



**Рисунок 2. Зависимость адсорбции молибдат-ионов на аморфных оксидах железа и алюминия,  $C_{нач.}=1,0$  ммоль/л**

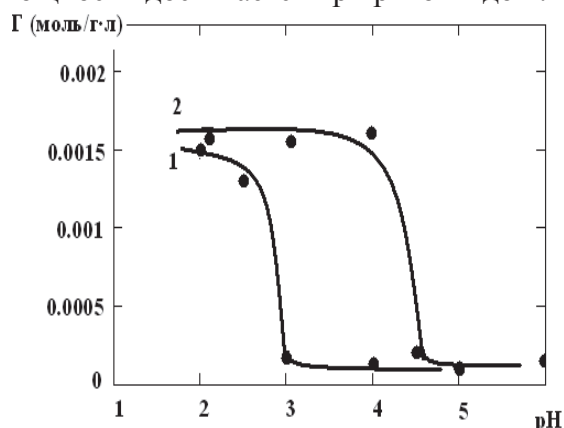
Данные исследования позволяют сделать вывод, что при адсорбции молибдат-ионов на красном шламе в качестве основного сорбента выступает оксид алюминия, который содержится в его составе.

#### *Сравнение способности неактивированного, активированного красного шлама и алюмосиликатного компонента адсорбировать молибдат-ионы*

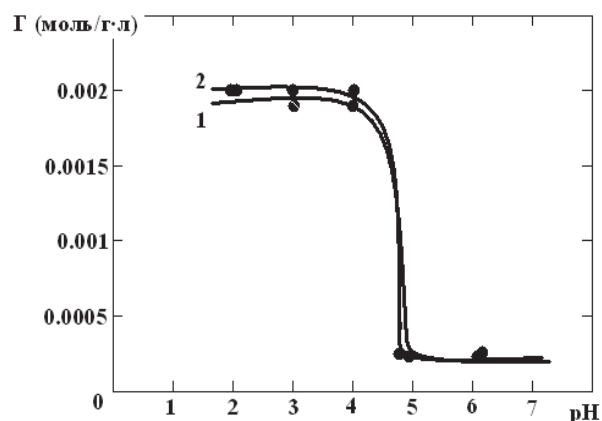
В данной работе экспериментально изучена способность красного шлама и АСК к сорбции молибдат-ионов из водных растворов.

Из рисунка 3 видно, что зависимость величины адсорбции от рН как для неактивиро-

ванного красного шлама, так и для активированного кислотой имеет аналогичную тенденцию: чем выше рН, тем ниже величина адсорбции. Значительное увеличение адсорбционной мощности достигается при рН от 2 до 4.



**Рисунок 3. Зависимость адсорбции молибдат-ионов на неактивированном (1) и активированном кислотой HCl (2) красном шламе от pH,  $C_{нач.} = 0,004$  моль/л**



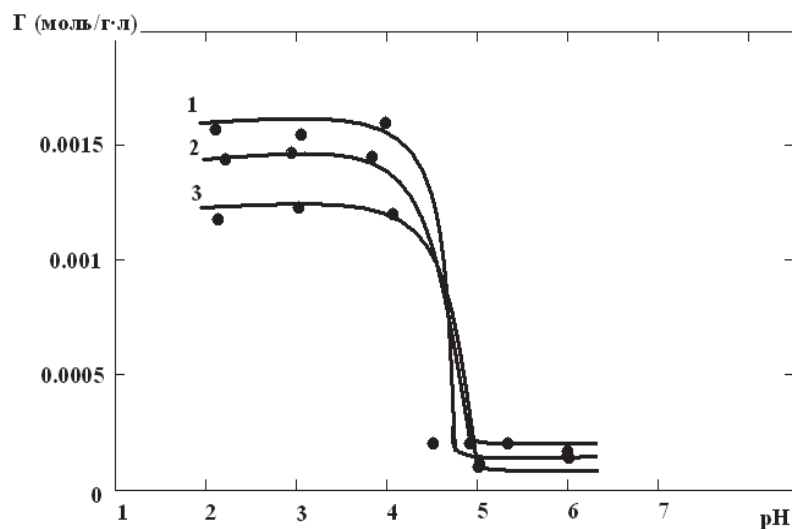
**Рисунок 4. Зависимость адсорбции молибдат-ионов на активированном красном шламе (1) и активированном алюмосиликатном компоненте (2) от pH,  $C_{нач.} = 0,005$  моль/л**

Из экспериментальных наблюдений становится ясно, что неактивированный шлам при очень низких значениях pH обладает такой же способностью адсорбировать молибдат-ионы, как и обработанные кислотой образцы и могут использоваться как сорбенты.

Также в данной работе была изучена адсорбция молибдат-ионов на активированном красном шламе и активированном алюмосиликатном компоненте. Из данных рисунка 4 видно, что адсорбционное поведение и шлама, и АСК в одинаковых условиях практически идентично. Так и в первом, и во втором случаях при pH = 4 наблюдается скачкообразное увеличение адсорбции до значения, равного 0,002 моль/г·л.

#### *Зависимость адсорбции молибдат-ионов от значения pH*

В ходе эксперимента была изучена адсорбция молибдат-ионов на активированном красном шламе при различных значениях pH. Ясно, что адсорбционная способность красного шлама имеет тесные отношения с величиной pH. Полученные результаты представлены на рисунке 5.



**Рисунок 5. Зависимость адсорбции молибдат-ионов на красном шламе от pH при разных начальных концентрациях раствора: 1-0,004; 2-0,002; 3-0,0015 моль/л**

Очевидно, что сорбция молибдат-ионов наиболее эффективна в кислой среде и с уве-

личением pH она уменьшается. Так при значении pH выше 5 удаление анионов из раствора происходит незначительно.

Из графика также видно, что оптимальное значение pH для максимальной адсорбции находится в области 3-4. Предельная адсорбция не зависит от pH и при его значении свыше 3 практически не изменяется.

#### **Выводы**

С увеличением pH адсорбция молибдат-ионов уменьшается.

Оптимальное значение pH для максимальной адсорбции – 3-4.

Предельное значение адсорбции не зависит от pH.

Для описания адсорбционных закономерностей применима кислотно-основная модель.

Адсорбция молибдат-ионов на красном шламе происходит за счет входящего в его состав оксида алюминия.

#### **Литература**

1. Марченко З. Фотометрическое определение элементов. Пер. с польск. под ред. Ю.А. Золотова. - М. – Мир - 1971. 502 с.
2. Sabine Goldberg, Cliff T. Johnston, Donald L. Suarez, Scott M. Lesch. Mechanism of Molybdenum Adsorption on Soils and Soil Minerals Evaluated Using Vibrational Spectroscopy and Surface Complexation Modeling. - *Developments in Earth & Environmental Sciences*, 7. – 2008
3. Bruce A. Manning, S. Goldberg. Modeling Competitive Adsorption of Arsenate with Phosphate and Molybdate on Oxide Minerals. - *Soil Science Society of America Journal*. - 1996
4. Sara J. Palmer, Mitchell Nothling, Kathleen H. Bakon, Ray L. Frost. Thermally activated seawater neutralised red mud used for the removal of arsenate, vanadate and molybdate from aqueous solutions. - *Journal of Colloid and Interface Science* 342 - 2010 P. 147–154