

*Е.П. Богданова\**

## **ИССЛЕДОВАНИЕ СОРБЦИИ ГЛАУКОНИТОМ ГБРТО КАТИОНОВ ЖЕЛЕЗА (II) ИЗ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ**

Определенный интерес сегодня представляет оценка глубины извлечения ионов железа (II) глауконитом из модельных растворов. Это важно для разработки технологии обезжелезивания сточных и особенно питьевых вод сорбцией глауконитом.

Отметим, что глауконит отличается низкой себестоимостью получения в виде формы, готовой для технологических целей, характеризуется высокой экологической чистотой.

Исследование сорбции глауконитом ионов железа (II) проводилось из механически перемешиваемых водных растворов как функции величины их рН, массы адсорбента, его термической обработки, температуры системы и продолжительности эксперимента.

Исходный адсорбент без разделения на фракции предварительно был подвергнут обработке в течение 20 минут в муфельной печи при температурах 250, 300, 350 и 400 ± 10 °С для удаления органических примесей. Использовали адсорбент массой 0,25 и 0,5 г на 100 мл раствора.

---

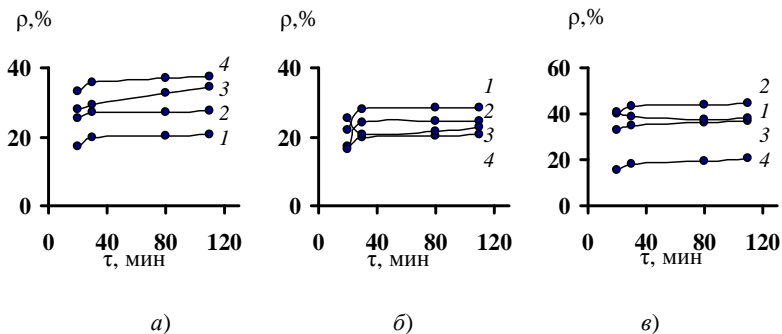
\* Работа выполнена под руководством д-ра хим. наук, проф. ГОУ ВПО ТГТУ В.И. Вигдоровича.

Слабокислые растворы с  $\text{pH} = 3$ . Как и следовало ожидать, при постоянной температуре термической обработки ( $250\text{ }^\circ\text{C}$ ) увеличение массы адсорбента с 0,25 до 0,50 г на 100 мл раствора с концентрацией катионов 3,4 ммоль/л повышает коэффициент извлечения на 5...8% (рис. 1, а). Подобный эффект оказывает и переход с 40%-ного на 95%-ный адсорбент (рис. 1, а), при этом выполняется зависимость

$$\rho = km_{\text{адс}}^r,$$

где  $m_{\text{адс}}$  – масса адсорбента, вводимого в раствор с постоянным объемом, из которого адсорбируются катионы железа  $\text{Fe}^{2+}$ . Величина  $r \sim 0,5$ .

В целом, сорбционная способность глауконита железа (II) сравнительно невелика и зависит от удельной массы адсорбента, под которой понимается масса глауконита, отнесенная к массе адсорбата в растворе. При использовании 40%-ного продукта адсорбционная емкость с точностью до 2% составляет 15,6 и 10,4 кг/т при использовании удельной массы адсорбента (УМА) соответственно 13,2 и 23,3 кг глауконита на 1 кг  $\text{Fe}^{2+}$ . Таким образом, рост УМА снижает его адсорбционную емкость, но увеличивает коэффициент извлечения железа  $\rho$ . В случае 95%-ного продукта адсорбционная емкость составляет 26,9 кг и 14,3 кг  $\text{Fe}^{2+}$  на 1 т адсорбента при указанной выше УМА.



**Рис. 1. Зависимость коэффициента извлечения железа из 3,4 мМ раствора его соли с  $\text{pH} = 3,0$  от продолжительности сорбции:**

*a* –  $m_{\text{адс}}$ , г: 1 и 3 – 0,25; 2 и 4 – 0,50. Адсорбент прокален при  $250\text{ }^\circ\text{C}$ .

Массовая доля глауконита в адсорбенте, %: 1 и 2 – 40; 3 и 4 – 95;

*б* –  $m_{\text{адс}} = 0,25$  г; температура прокаливанию адсорбента с массовой долей глауконита 40%,  $^\circ\text{C}$ :

1 – 250, 2 – 300, 3 – 350, 4 – 400;

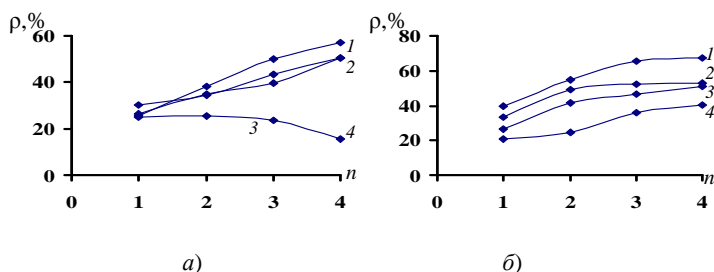
*в* –  $m_{\text{адс}} = 0,5$  г; температура прокаливанию адсорбента с массовой долей глауконита 95%,  $^\circ\text{C}$ :

1 – 250, 2 – 300, 3 – 350, 4 – 400. Во всех случаях приведена масса адсорбента  $m_{\text{адс}}$  на 100 мл раствора

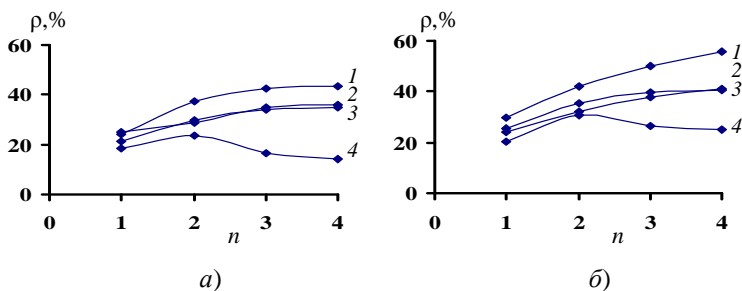
Влияние температуры обработки сорбента на величину  $\rho$  носит более сложный характер и существенно зависит от массовой доли глауконита в адсорбенте. В случае 40%-ного продукта функция  $\rho = f(t)$  проходит через максимум (рис. 1, *a*) с  $t_{\max}$ , равной 350 °С, а величина  $\rho$  за 110 минут сорбции достигает ~35%. Рост содержания глауконита в адсорбенте в 2,375 раза (95%) обуславливает снижение  $t_{\max}$  до 300 °С. Причем повышение температуры обработки глауконита до 400 °С уменьшает  $\rho$  в 2 и более раз (рис. 1, *в*).

Для поиска условий повышения величины  $\rho$  проводили каскадную очистку раствора. В этом случае вновь эффективность очистки зависит от температуры обработки адсорбента (рис. 2, *a*). Наилучшие результаты наблюдаются при 200 °С. Рост температуры прокаливания заметно снижает коэффициент извлечения. Качественно картина остается той же для сорбента с 95%-ным содержанием глауконита на 100 мл раствора  $\text{Fe}^{2+}$  (3,4 ммоль/л).

*Растворы с pH = 6,5.* Рост величины pH существенно снижает сорбционную эффективность продукта, содержащего 95% глауконита. Это следует из сопоставления рис. 2, *б* и 3, *a* и рис. 2, *б* и 3, *б*. Так, если при pH = 3 максимальная величина  $\rho$  составляет 67% (рис. 3б), то со снижением кислотности до pH = 6,5  $\rho_{\max}$  уменьшается до 56%. Таким образом, изменение  $\rho$  не связано с массой вводимого адсорбента или, точнее, не только с ней. Более того, снижение  $\rho$  (при постоянной температуре термической обработки адсорбента) наблюдается при всех режимах прокаливания глауконита. Следует отметить и общую особенность влияния циклирования на коэффициент извлечения железа глауконитом. Если прокалывать глауконит при 400 °С, то, начиная с



**Рис. 2. Зависимость коэффициента извлечения железа из 3,4 мМ раствора его соли с pH = 3 от числа циклов сорбции при массе адсорбента 0,5 г для 40 (а) и 95%-ного глауконита (б) и температуре его прокаливания, °С:**  
 1 – 250; 2 – 300; 3 – 350 и 4 – 400 (*n* – номер цикла адсорбции)



**Рис. 3.** Зависимость коэффициента извлечения железа из 3,4 мМ раствора его соли с pH = 6,5 от числа циклов сорбции при массе адсорбента 0,5 г для 40 (а) и 95%-ного глауконита (б) и температуре его прокаливания, °С: 1 – 250; 2 – 300; 3 – 350 и 4 – 400 (n – номер цикла адсорбции)

3-го цикла сорбции, введение 0,5 г 40%-ного сорбента на 100 мл раствора соли железа (II) ведет к «отрицательной адсорбции» катионов  $Fe^{2+}$  при обеих изученных величинах водородного показателя (рис. 2, а и 3, а). Однако при переходе с 40 на 95%-ный глауконит при pH = 3 этот эффект исчезает (рис. 2, а и 2, б). Но при pH = 6,5 снижение  $\rho$  с ростом номера цикла наблюдается по-прежнему (рис. 3, б).

Подробные данные, характеризующие влияние продолжительности эксперимента на величину  $\rho$ , полученные при pH = 6,5, в статье не сообщаются в силу того, что при прочих постоянных условиях, во всех изученных случаях снижение кислотности среды приводит к зависимости  $\rho_{3,0} > \rho_{6,5}$ , а разность  $\rho_{3,0} - \rho_{6,5}$  колеблется в интервале от 5 до 20% (индекс в знаменателе соответствует величине pH раствора). Другой дополнительной информации эти результаты не несут.

По результатам экспериментов можно сделать выводы о том, что использование адсорбента, содержащего 95% глауконита, позволяет извлекать из перемешиваемого раствора в условиях каскадной очистки до 67% катионов железа  $Fe^{2+}$ . Повышение pH исходного раствора с 3,0 до 6,5 и увеличение термической обработки глауконита до 350...400 °С существенно снижают его сорбционную способность по отношению к катионам  $Fe^{2+}$ , а оптимальная продолжительность сорбции ионов  $Fe^{2+}$  в зависимости от условий ее проведения составляет 1...2 ч.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Адсорбционная способность глауконита Бондарского района Тамбовской области / В.И. Вигдорович, Л.Е. Цыганкова, Д.В. Николенко, А.И. Акулов, Ф.А. Румянцев // Сорбционные и хроматографические процессы. – 2010. – Т. 10, № 1. – С. 126 – 132.

2. Извлечение фенола из водных растворов глауконитом / В.И. Вигдорович, Л.Е. Цыганкова, Д.В. Николенко, А.И. Акулов // Сорбционные и хроматографические процессы. – 2010. – Т. 10, № 4. – С. 505 – 511.

3. Извлечение ионов меди (II) и фенола в проточном растворе глауконитом Бондарского района Тамбовской области / В.И. Вигдорович, Л.Е. Цыганкова, Д.В. Николенко, А.И. Акулов // Сорбционные и хроматографические процессы. – 2010. – Т. 10, № 6. – С. 926 – 933.

4. Вигдорович, В.И. Влияние рН на извлечение фенола в проточном растворе глауконитом ГБРТО и его фракциями / В.И. Вигдорович, Л.Е. Цыганкова, А.И. Акулов // Сорбционные и хроматографические процессы. – 2011. – Т. 11, № 2. – С. 256 – 263.

5. Батехтин, А.Г. Курс минералогии / А.Г. Батехтин. – М. : Недра, 1956. – 558 с.

6. Николаева, И.В. Минералы группы глауконита и эволюция их химического состава / И.В. Николаева // Проблемы общей и региональной экологии. – Новосибирск : Изд-во НГУ, 1971. – С. 320 – 336.

*Секция «Химия наноматериалов» ГОУ ВПО ТГТУ*