

Размерный эффект при образовании зарядового состояния в частицах природного клиноптилолита под воздействием электрического разряда

А. М. Гашимов, К. Б. Гурбанов, Р. Н. Мехтизаде, И. Г. Закиева, М. А. Гасанов

*Институт физики Национальной академии наук Азербайджана,
пр. Г. Джавида, 33, г. Баку, АЗ-1143, Азербайджанская Республика, e-mail: magerram-hasanov@rambler.ru*

Исследованы процессы электризации природных адсорбентов – клиноптилолитов с различными размерами частиц. Электрическая зарядка адсорбентов производилась в поле газового разряда барьерного типа. Методом термостимулированной релаксации выявлено накопление в материале адсорбента электрического заряда. Показано, что с уменьшением размеров частиц клиноптилолита поверхностная плотность накопленного заряда увеличивается.

Ключевые слова: природный адсорбент, клиноптилолит, барьерный разряд, термостимулированная релаксация, зарядовое состояние.

УДК 621.365.61

ВВЕДЕНИЕ

При очистке жидкостей от примесей широко используются адсорбенты, в том числе природные [1–4].

Для повышения эффективности очистки жидкостей адсорбенты подвергают различным видам активирующих воздействий: химическим, радиационным, электрическим и др. Среди них известными являются воздействия электрическими полями и разрядами, значительно изменяющими поглощающую способность адсорбентов.

В результате электрических воздействий на адсорбенты в них происходят процессы поляризации в электрическом поле или внедрение электрических зарядов непосредственно на поверхность либо в объем материала. Эти процессы приводят к появлению на поверхности или в объеме материалов связанных электрических зарядов [5–8]. Как отмечено авторами указанных работ, электрические заряды, внедренные в адсорбент, могут служить центрами повышенной адсорбции из жидкости различных примесей благодаря действию вандерваальсовых сил в системе «адсорбент – примесная частица».

В связи с большой перспективностью управления процессами адсорбции в задачах очистки и разделения жидкостей необходимо выявить основные закономерности, действующие в системе «адсорбент – адсорбат – сильное электрическое поле».

В работе исследовалось влияние размеров частиц природного адсорбента – клиноптилолита на образование в нем локализованных зарядов при воздействии барьерного электрического разряда в воздухе.

Образцы порошкообразного клиноптилолита с различными размерами частиц электризовались

в поле электрического разряда барьерного типа. Затем путем прессования обработанного разрядом порошка изготавливались таблетки цилиндрической формы, после чего измерялась величина электрического заряда, накопленного в материале, и анализировалась его зависимость от размеров частиц исходных порошков.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Природные адсорбенты измельчались до порошкообразного состояния в шаровой мельнице. Затем пропускались через различные сита с диаметрами d ячеек 0,4; 0,25 и 0,063 мм. Таким образом, отбирались три фракции порошка, имеющие следующие размеры частиц: $0,40 \text{ мм} > d > 0,25 \text{ мм}$; $0,25 \text{ мм} > d > 0,063 \text{ мм}$; $d < 0,063 \text{ мм}$.

Порошки сушились в сушильных шкафах (при 250°C в течение трех часов) в специальных стеклянных ампулах с одновременным вакуумированием.

Все фракции имели одинаковый исходный состав – $(\text{Na}_2\text{K}_2)\text{OAl}_2\text{O}_3 \cdot 10\text{SiO}_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$.

Каждая из фракций клиноптилолита с различными размерами частиц помещалась в реактор и подвергалась воздействию электрического разряда барьерного типа при переменном напряжении 13 кВ, частоте 50 Гц, времени обработки 30 мин.

Для получения барьерного электрического разряда использовался реактор, представлявший собой систему из двух коаксиальных стеклянных цилиндров, вставленных один в другой. В пространстве между двумя цилиндрами помещались исследуемые адсорбенты. Поверхности стеклянных цилиндров, наружные по отношению к адсорбентам (то есть внутренняя поверхность внутреннего цилиндра и внешняя поверхность

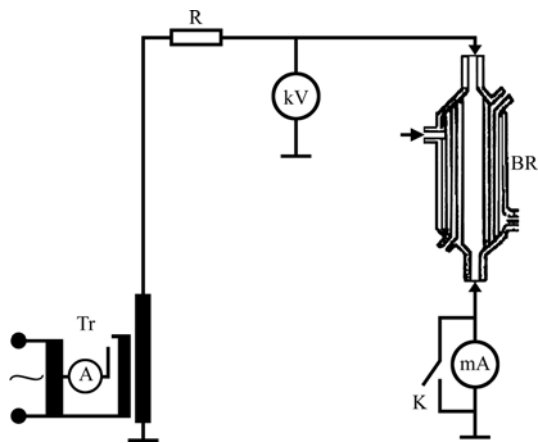


Рис. 1. Принципиальная электрическая схема.

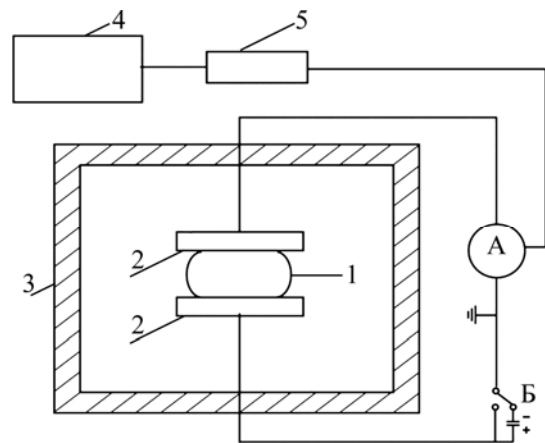


Рис. 2. Схема установки для электризации образцов.

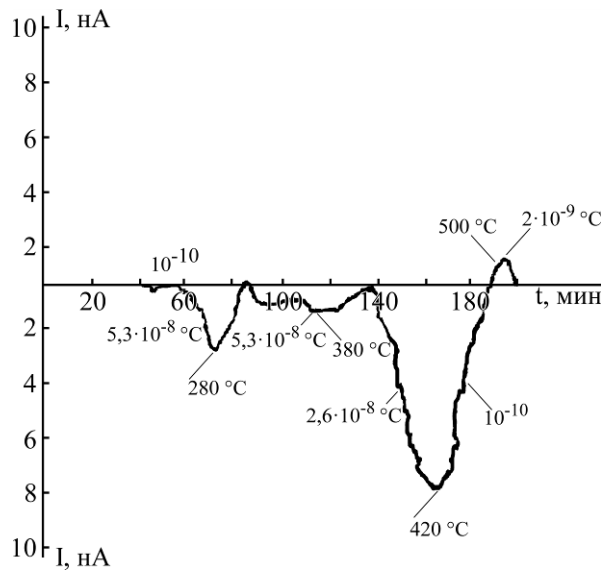


Рис. 3. Кривая термостимулированного тока; размер частиц 0,40 мм.

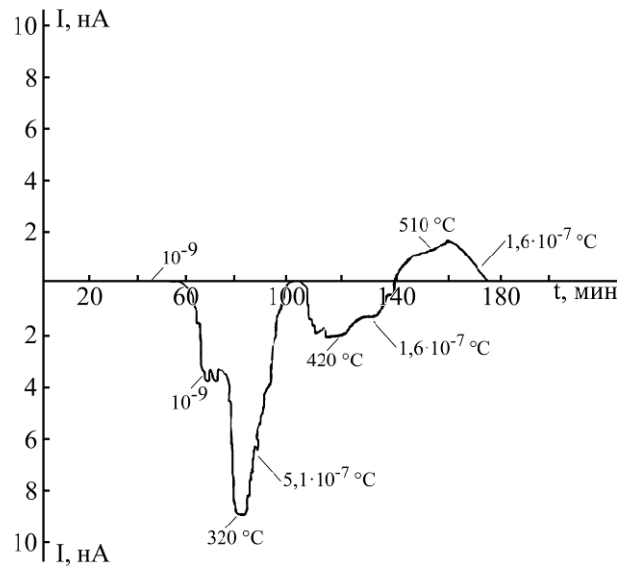


Рис. 4. Кривая термостимулированного тока; размер частиц 0,25 мм.

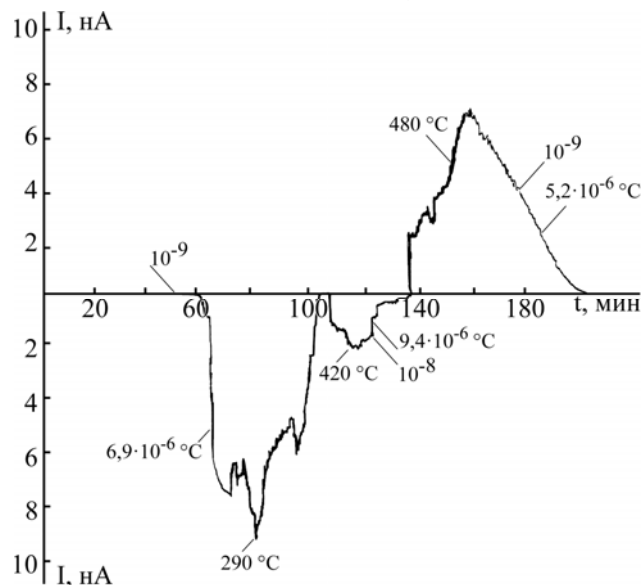


Рис. 5. Кривая термостимулированного тока; размер частиц 0,063 мм.

Значения накопленного заряда в образцах клиноптилолита с различными размерами частиц

№ фракции	d , мм	T_1 , °C	T_2 , °C	T_3 , °C	T_4 , °C	$Q_{1,2}$, C/cm ²	Q_2 , C/cm ²	Q_3 , C/cm ²	Q_4 , C/cm ²
1	0,4	280	380	420	500	$5,3 \cdot 10^{-8}$	$5,3 \cdot 10^{-8}$	$2,6 \cdot 10^{-8}$	$2 \cdot 10^{-9}$
2	0,25	320	420	510		$5,7 \cdot 10^{-7}$	$1,6 \cdot 10^{-7}$	$1,6 \cdot 10^{-7}$	
3	0,063	290	420	480		$6,9 \cdot 10^{-6}$	$9,4 \cdot 10^{-6}$	$5,2 \cdot 10^{-6}$	

внешнего цилиндра), покрывались электродами из алюминиевой фольги. Такая конструкция позволяла возбуждать в пространстве между электродами электрический разряд барьерного типа. Длина реактора – 130 мм, разрядного промежутка – 4 мм. Принципиальная электрическая схема обработки адсорбентов электрическим разрядом барьерного типа представлена на рис. 1.

После электроразрядной обработки порошкообразного клиноптилолита из каждой фракции изготавливались образцы в виде таблеток цилиндрической формы для измерения накопленного в материале электрического заряда.

В порошок в качестве связующего добавляли глину, затем при комнатной температуре и давлении 10 МПа прессовали таблетки, которые обладали достаточной механической прочностью.

Предварительно перед использованием таблеток клиноптилолита проводилась их термообработка при 250°C с одновременным вакуумированием в течение трех часов.

Так как состояние поверхности адсорбента может значительно влиять на результаты экспериментов, процесс термоактивации проводился каждый раз в строго идентичных условиях.

Затем на поверхности таблетки клиноптилолита с двух противоположных сторон методом вакуумного термического напыления наносились алюминиевые электроды \varnothing 5 мм; толщина напыленного слоя составляла 3–4 микрон. Образец устанавливался в специальном нагревательном устройстве между пружинящими токосъемными электродами из нержавеющей стали, после чего включалась установка по измерению накопленного в материале заряда (рис. 2).

Заряженное состояние в клиноптилолите выявлялось методом термостимулированной релаксации (ТСР), широко применяющимся при изучении релаксации электрического заряда в полимерных пленках и других диэлектрических материалах [9] и заключающимся в нагреве образца от комнатной температуры до 600°C с постоянной скоростью 2°C/мин. При этом проводилась запись кривой тока релаксации в функции температуры (и времени) на двухкоординатном самописце с усилителем.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На рис. 3–5 приведены кривые тока термостимулированной релаксации для образцов с размерами частиц соответственно 0,4, 0,25 и 0,063 мм.

Как видно из рис. 3, спектр тока ТСР содержит четыре пика при $T_1 = 280^\circ\text{C}$, $T_2 = 380^\circ\text{C}$, $T_3 = 420^\circ\text{C}$ и $T_4 = 500^\circ\text{C}$. Указанным пикам соответствуют значения поверхностной плотности электрического заряда, $\text{C}/\text{см}^2$: $Q_1 = 5,3 \cdot 10^{-8}$,

$$Q_2 = 5,3 \cdot 10^{-8}, Q_3 = 2,6 \cdot 10^{-8} \text{ и } Q_4 = 2 \cdot 10^{-9}.$$

Аналогичным образом проанализированы кривые тока на рис. 4 и 5. Полученные данные по зарядовым состояниям в образцах с различными размерами частиц представлены в таблице. Значения плотности заряда являются среднearифметическими из пяти измерений.

Из таблицы видно, что с уменьшением размера частиц образцов количество заряда, накопленного в них воздействием электрического разряда, монотонно увеличивается. Этот факт можно объяснить тем, что с уменьшением размеров частиц адсорбента увеличивается обрабатываемая электрическим разрядом поверхность, что приводит к увеличению накопленного в материале заряда.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, экспериментально установлена зависимость величины электрического заряда, накопленного в адсорбенте – клиноптилолите после воздействия на него электрическим барьерным разрядом, от размеров частиц.

ЛИТЕРАТУРА

1. Егоров М.А. Очистка питьевой воды с помощью природного сорбента ракушечника. *Вода: химия и экология*. 2008, (4), 41–43.
2. Wang Sh., Peng Y. Natural Zeolites as Effective Adsorbents in Water and Wastewater Treatment. *Chem Eng J*. 2010, **156**(1), 11–24.
3. Шилина А.С., Милинчук В.К. Сорбционная очистка природных и промышленных вод от катионов тяжелых металлов и радионуклидов новым типом высокотемпературного алюмосиликатного адсорбента. *Сорбционные и хроматографические процессы*. 2010, **10**(2), 237–245.
4. Климов Е.С., Бузаева М.В. *Природные сорбенты и комплексоны в очистке сточных вод*. Ульяновск: УлГТУ, 2011. 201 с.
5. Гашимов А.М., Алиев В.А., Гурбанов К.Б., Гасанов М.А. Электроразрядная обработка цеолитов для очистки сточных вод. *Физика и химия обработки материалов*. 2005, (2), 86–89.
6. Гасанов М.А. Электроразрядная обработка бентонитовой глины для очистки воды. *Физика и химия обработки материалов*. 2006, (5), 88–91.
7. Гашимов А.М., Гасанов М.А. Адсорбция радиоактивных веществ электроактивированным природным адсорбентом. *ЭОМ*. 2008, (6), 46–47.
8. Гашимов А.М., Гасанов М.А. Электроразрядная обработка поверхности бентонитовой глины, содержащей монтмориллонит. *Журнал физической химии*. 2009, **83**(7), 1352–1355.
9. Сеслер Г. *Электреты*. М.: Мир, 1983. 488 с.

Поступила 05.12.13
После доработки 11.03.14

Summary

The processes of electrization of natural adsorbents – clinoptilolites with different particle sizes are studied. Electric charging of adsorbents was made by the effect of barrier discharge. The accumulation of electric charge in a material was detected by the thermally stimulated relaxa-

tion method. It is shown that when clinoptilolite particles become smaller, the surface density of the stored charge increases.

Keywords: natural absorbent, clinoptilolite, barrier discharge, thermostimulated relaxation, charge state.