

Е.М. Кулагина, доц., канд. техн. наук;
Е.Ю. Громова, доц., канд. техн. наук;
Р.И. Юсупова, доц., канд. техн. наук
(ФГБОУ ВО «КНИТУ», г. Казань)

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ НАНОПОРИСТОСТИ ПРИРОДНОГО ЦЕОЛИТА – КЛИНОПТИЛИТА МЕСТОРОЖДЕНИЙ BIGADIC/BALIKESIR (ТУРЦИЯ) И ТАТАРСКО-ШАТРАШАНСКОГО (РОССИЯ) ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

Введение

Клиноптилит – является один из самых распространённых природных цеолитов, входит в состав осадочных пород вулканогенного происхождения. Все цеолиты имеют микропористую внутреннюю структуру, доступную для адсорбции определенных ионов или веществ. В качестве катионов обычно в состав цеолитов входят натрий, калий, кальций, реже барий, стронций и магний. Кристаллическая структура этого вида цеолитов состоит из тетраэдров оксида кремния и оксида алюминия, соединенных вершинами в ажурные каналы, в полостях и каналах которых находятся катионы и молекулы воды. В промышленности используют термомеханически активированные цеолиты, в порах таких цеолитах нет воды. Активированный путем термической и механической обработки, клиноптилоит-цеолит обладает высокими адсорбционными характеристиками [1-4]. Это позволяет использовать его не только как поглотитель выделяющихся в процессе жизнедеятельности почвенных микроорганизмов газов (аммиак, сероводород, углекислый газ), но и как пролонгатор удобрений, удерживающий в течение определенного времени в поглощенном состоянии катионы аммония, калия, фосфат анионы. Это создает возможность, например, накапливать аммиачный азот в порах кристаллической решетки, тем самым удерживая его от быстрого вымывания из почвы. Они дают возможность дозированно выделять в прикорневую область необходимые питательные добавки. При современных технологиях внесения удобрений в почву только 50 % из них усваивается растениями, а остальное уходит из почвы, что ведет к загрязнению водоемов, особенно такими элементами, как азот, фосфор, калий.

Экспериментальная часть

В качестве объекта исследования использовались фракции клиноптилита:

- месторождения Bigadic/ Balikesir (Турция) с диаметром гранул 1,5 мм (образец 1) и диаметром гранул 3 мм (образец 2),

- месторождения Татарско-Шатрашанского (Россия) с диаметром гранул 0,25-1,5 мм (образец 3) и диаметром гранул 2,5-3 мм (образец 4). Химический состав образцов определялся по стандартным методикам.

Таблица 1 – Химический состав образцов клиноптилита

	Содержание, месторождение Bigadic/Balikesir (Турция) образцы 1,2, мас. %	Содержание, месторождение Татарско-Шатрашанского (Россия) образцы 3,4 мас. %
SiO ₂	69,2	65,88
TiO ₂	0,08	0,35
Al ₂ O ₃	10,81	6,19
Fe ₂ O ₃ общ	1,18	2,65
MnO	1,48	<0,01
CaO	2,98	17,16
MgO	1,45	1,45
Na ₂ O	0,367	0,16
K ₂ O	2,78	0,43
P ₂ O ₅	0,021	0,13

Методом низкотемпературной адсорбции-десорбции азота определяли текстурные характеристики всех образцов. Данный анализ позволяет определить удельную адсорбционную поверхность, распределение пор по размерам, суммарный объем пор. Измерения проводились под руководством д. т. н. Баклановой О. Н. в лаборатории ФХМИ ЦНХТ ФИЦ ИК им. Г. К. Борескова СО РАН.

Удельная площадь поверхности образцов по методу БЭТ была измерена по методике одноточечной адсорбции азота при 77,4 К на адсорбционном приборе «Сорбтометр».

Расчеты удельной поверхности по БЭТ ($S_{БЭТ}$) выполнялись в интервале равновесных относительных давлений паров азота $P/P_0=0,05-0,25$ по изотерме адсорбции. Данные приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Характеристики пористой структуры и удельная поверхность образцов с различными размерами частиц

Образец	Размер частиц, мм	Удельная площадь поверхности, $S_{БЭТ}$, м ² /г	Суммарный объем пор, V_{Σ} , см ³ /г	Средний размер пор, $D_{ВН}$, нм
1	1,5	13	0,05	19,6
2	3,0	18	0,05	19,8
3	0,25–1,5	58,2	0,16	9,3
4	2,5–3,0	65,0	0,16	8,2

Из полученных данных видно, что исследованные образцы из месторождения Bigadic/Balikesir (Турция) характеризуются низким значе-

нием площади удельной поверхности по БЭТ и является малопористыми материалами, так как объем мезопор составляет величину не более $0,05 \text{ см}^3/\text{г}$ при среднем диаметре мезопор порядка 20 нм.

Для образцов 3, 4 Татарско-Шатрашанского месторождения (Россия) исходя из полученных данных по адсорбции-десорбции азота при 77,4 К на исследуемых образцах, можно предположить, что механическое измельчение цеолитсодержащего сорбента не приводит к существенному перераспределению пор по размерам с уменьшением суммарного адсорбционного удельного объема пор образцов.

Проанализировав полученные результаты можно прийти к выводу, что для получения органоминеральных удобрений на основе цеолитов с пролонгированным высвобождением питательных веществ в почву, лучше использовать цеолиты Татарско-Шатрашанского (Россия) месторождения с большей пористостью и меньшим объемом пор.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агаджанян Н.А. Природные минералы на службе человека. Новосибирск. НГУ, 2002. 30 с.

2. Кулагина Е.М., Громова Е.Ю., Юсупова Р.И., Багаутдинов Ф.Ф., Галяметдинов Ю.Г. Исследование адсорбционной способности цеолитов Татарско-Шатрашанского месторождения, применяемых в качестве гетерофункциональных сорбентов для получения органоминерального удобрения / Вестник технологического университета. 2019. Т.22. №7. С.56-60.

3. Кулагина Е.М., Громова Е.Ю., Юсупова Р.И., Галяметдинов Ю.Г. Структура нанопористости природного цеолита месторождения Bigadic/Balikesir (Турция) / Вестник технологического университета. 2022. Т.25. №1. С.8-13.

Органоминеральное гранулированное удобрение Багаутдинов Ф.Ф., Галяметдинов Ю.Г., Громова Е.Ю., Кулагина Е.М. Патент на изобретение 2724698 С1, 25.06.2020. Заявка № 2019143533 от