

Адсорбционные свойства фожазитов, синтезированных *in situ* в каолиновых гранулах

К. Патриляк^а, А. Яковенко^а, Л. Патриляк^а, В. Выпирайленко^а, Р. Лебода^б,

Я. Скубишевска-Земба^б, П. Бартош^а

^аИнститут биоорганической химии и нефтехимии НАН Украины,
Украина, 02094 Киев, ул. Мурманская, 1; факс: (38 044) 573-25-52.

^бУниверситет им. Марии Кюри-Склодовской,
Польша, 20-031 Люблин, пл. Марии Кюри-Склодовской, 3; факс: (48 81) 533-33-48

Методом низкотемпературной адсорбции азота изучен ряд образцов, синтезированных *in situ* в каолиновых гранулах, а также товарный образец сравнения, полученный методом смешения цеолитной и матричной фаз, и ионообменная форма образца, синтезированного *in situ*. Приготовленные образцы с содержанием цеолитной фазы в пределах 34–48 % (ее содержание в образце сравнения – 32 %) обладают хорошо развитой мезопористостью со средним диаметром мезопор 55–70 Е. В отличие от товарного цеолита в образцах хорошо совмещены цеолитная и матричная фазы, что обеспечивает их повышенную термо- и влагостойкость при ионном обмене и ультрастабилизации. Синтезированные образцы несколько уступают образцу сравнения лишь в макропористости, однако лучшие из них значительно превосходят его по суммарному объему и суммарной площади поверхности мезо- и макропор.

Введение

В последние десятилетия цеолиты нашли самое широкое применение в нефтепереработке, нефтехимии, химии, других отраслях техники и технологии в качестве адсорбентов и активных фаз катализаторов. Такая их распространенность обусловлена рядом уникальных свойств цеолитов. Назовем основные из них:

- регулярная пористая кристаллическая структура с полостями молекулярных размеров, что обеспечивает крутизну начальных участков изотерм адсорбции, т.е. высокую степень заполнения цеолита при низких концентрациях поглощаемого компонента;

- большое число типов цеолитов с различными размерами и формой полостей, что делает цеолитные структуры доступными для одних молекул и недоступными – для других в пределах весьма широкого диапазона молекулярных параметров;

- наличие катионов, компенсирующих отрицательные заряды кристаллической решетки и способных к ионному обмену, что открывает путь к бесконечному разнообразию цеолитов как адсорбентов и особенно катализаторов;

- термическая устойчивость большинства цеолитов вплоть до 1000 °С, некоторых типов – до более высоких температур;

- кислотоустойчивость многих цеолитов;

- способность к формовке;

- механическая прочность;

- высокие технологичность и экологичность процессов с использованием цеолитов и др.

Несмотря на значительное число природных цеолитов [1–4], наибольшее распространение получили их синтетические разновидности. Широкое применение

цеолитов началось с их синтеза в 1940-х годах Р. Барбером [4], поскольку именно он открыл возможность их массового производства, доступ к заданным и неизвестным в природе цеолитным структурам. В условиях обычного синтеза цеолиты представляют собой высокодисперсные кристаллические порошкообразные или пылеобразные вещества, составленные кристалликами субмикронных или микронных размеров.

Наиболее массовыми среди синтетических цеолитов являются цеолиты типа А, используемые в качестве добавок к моющим средствам для умягчения воды. За ними по массовости следуют так называемые широкопористые цеолиты типа фожазита, которые включают цеолиты типов X и Y. Данные цеолиты, прежде всего Y, используют преимущественно как активную фазу катализаторов, например микросферического катализатора крекинга [3–6], работающего в режиме циркуляции в системе реактор–регенератор. Эти же цеолиты применяют сформованными в гранулы размером 2–5 мм для работы в адсорберах и реакторах в виде высокопроницаемого стационарного слоя. В обоих случаях требуется формовка цеолитного порошка до микросферы или гранул с использованием подходящих вяжущих веществ, образующих матричную часть сформованной частицы. Прочность взаимной связи матричной и цеолитной компонент в большой степени определяет термостабильность последней, что весьма важно именно для фожазитов, эксплуатируемых в весьма жестких условиях (температура до 800 °С при парциальном давлении водяного пара до 0,03 Па на стадии их регенерации как катализаторов), которые не относятся к наиболее термовлагостойким цеолитам.

Существует два способа синтеза цеолитов. В одном из них (реагентном, или способе смешения) основными компонентами синтеза являются алюминат и силикат натрия, в другом (*in situ*) – оксиды алюминия и кремния природных алюмосиликатов, например каолина.

Цеолитная фаза, синтезированная *in situ*, характеризуется повышенной прочностью связи с матричной фазой [7, 8] – непревращенной частью каолина, поскольку образована из его компонентов и продолжает находиться в генетической “связи” с каолиновыми остатками.

Следует ожидать, что свойства гранулированного цеолита, сформованного способом смешения из гомогенизированной массы цеолитной и матричной фаз, и цеолита, выращенного *in situ* в гранулах матрицы (каолина) непосредственно из компонентов этих гранул, будут различными.

Целью настоящей работы является изучение адсорбционных свойств цеолита типа фожазита, синтезированного *in situ* в предварительно сформованных гранулах каолина Просьяновского месторождения (Украина).

Экспериментальная часть

В качестве основного материала для синтеза цеолитов использовали каолин Просьяновского месторождения. Ниже представлены минералогический и химический составы каолина – сырья для получения цеолит-содержащей микросферы:

Показатель	Значение, % (мас.)
Минералогический состав	
каолинит	97
слюда	3
кварц	Следы
Химический состав	
SiO ₂	46
Al ₂ O ₃	38
Fe ₂ O ₃	0,35
TiO ₂	1,23
CaO	0,35
MgO	0,39
K ₂ O	0,92
Na ₂ O	0,16
H ₂ O (потери при прокаливании)	12,60

Каолин применяли в виде смеси исходного порошкообразного минерала (рис. 1), метакаолиновой микросферы [9, 10] и порошкообразной шпинели. Последнюю получали прокаливанием исходного каолина при 1000 °С в течение 2 ч. Все компоненты тщательно перемешивали в определенных пропорциях и добавляли разбавленное (1:2) жидкое стекло (модуль 2,85) до образования пастообразной массы. Последнюю экструдировали до гранул диаметром 4 мм и высотой 6–8 мм, которые сушили при температуре 100–110 °С в течение

24 ч, после чего на протяжении 2 ч прокаливали при 730 °С для превращения каолина в метакаолин.

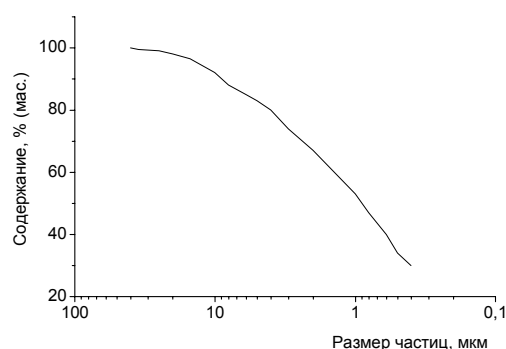


Рис. 1. Фракционный состав каолина Просьяновского месторождения

Цеолит синтезировали с использованием рентгеноаморфной затравки [11].

Непосредственно перед синтезом готовили жидкую реакционную смесь из метасиликата натрия, водного раствора гидроксида натрия, воды и состаренной при температуре 42 °С в течение 6–20 ч затравки в количестве 15 % (мас.). В приготовленную смесь добавляли гранулы, после чего систему нагревали до температуры синтеза, который осуществляли в титановых реакторах при температуре до 120 °С и времени кристаллизации до 24 ч. Соотношением исходных компонентов в пересчете на SiO₂, Al₂O₃ и Na₂O варьировали, оставаясь, однако, в поле кристаллизации цеолита типа У в треугольной диаграмме [1, 2, 12]. По этой методике приготовлено пять образцов, обозначаемых в дальнейшем как образцы 1–5. Использовали также несколько видоизмененную методику без отдельного от гранул состаривания затравки, но с определенным выдерживанием системы при 42 °С после смешения всех компонентов и увеличением до 40 ч времени кристаллизации при температуре 98–99 °С. По этой методике синтезирован образец 6. Содержание цеолитной фазы в приготовленных образцах 1–6 (по адсорбции воды при P/Ps = 0,4) составило 35; 40; 43; 46; 49 и 53 % соответственно.

Образец 6 был подвергнут ионному обмену для замещения исходного натрия кальцием и лантаном, для чего последовательно проводили три обмена: два – на кальций и один – на лантан соответственно из 1М растворов нитратов кальция и лантана (массовое соотношение жидкой и твердой фаз 3:1) во вращающемся автоклаве из нержавеющей стали при 150 °С в течение 3 ч. После каждого обмена гранулы отделяли от маточных растворов, промывали до нейтральной реакции, сушили при температуре 100–110 °С и прокаливали в муфельной печи при 550–560 °С в течение 2 ч. Количество вошедших в образец кальция и лантана определяли химическим анализом маточных растворов и фильтратов. В результате получили образец 6а, цеолит

литная часть которого имела формулу $0,43Ca0,41LaNaY$.

Адсорбционные свойства синтезированных образцов, а также промышленного формованного цеолита NaX (производство "Ишимбай", Россия) изучали по низкотемпературной ($-196\text{ }^{\circ}\text{C}$) адсорбции азота путем снятия, как обычно, адсорбционной и десорбционной ветвей изотермы. Адсорбционные данные обрабатывали по уравнениям БЭТ и Ленгмюра с расчетом общей величины поверхности образцов, по уравнениям Барретта, Джойнера и Галенды (Barrett, Joyner, Halenda – ВЖН) с определением поверхности и объема мезо- и макропор, находили интегральные и дифференциальные зависимости объема пор (V_a) от диаметра (D) по ВЖН, а также средние диаметры пор в виде $4V/A$ по Ленгмюру и ВЖН. Расчеты по ВЖН велись исходя из адсорбционных и десорбционных данных. В графическом представлении распределения пор по диаметрам ограничились адсорбционными показателями.

Результаты эксперимента

На рис. 2 представлены изотермы адсорбции для синтезированных образцов 1–6 и ба, а также образца сравнения 7. Изотермы образцов 1–5, полученных по первой методике, однотипны и различаются, по существу, лишь эквидистантным смещением по вертикали в направлении от образца 1 к образцу 5 по мере возрастания содержания цеолитной фазы. Значительно отличается по своему виду изотерма образца 6, полученного по видоизмененной методике. Ионный обмен исходного натрия на кальций и лантан (образец ба) имеет следствием заметное изменение вида изотермы и ее расположения в системе координат – она представляет собой нечто промежуточное между изотермой образца 6 и изотермами образцов 1–5, особенно образцов 3–5. Совершенно иной предстает изотерма образца сравнения 7.

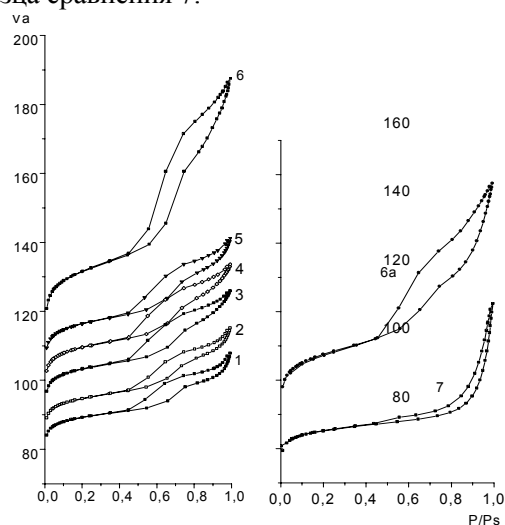


Рис. 2. Изотермы низкотемпературной адсорбции азота для синтезированных исходных образцов 1–6, образца ба и образца сравнения 7 в виде зависимости объема сорбированного азота (V_a) от степени насыщенности (P/P_s) его пара

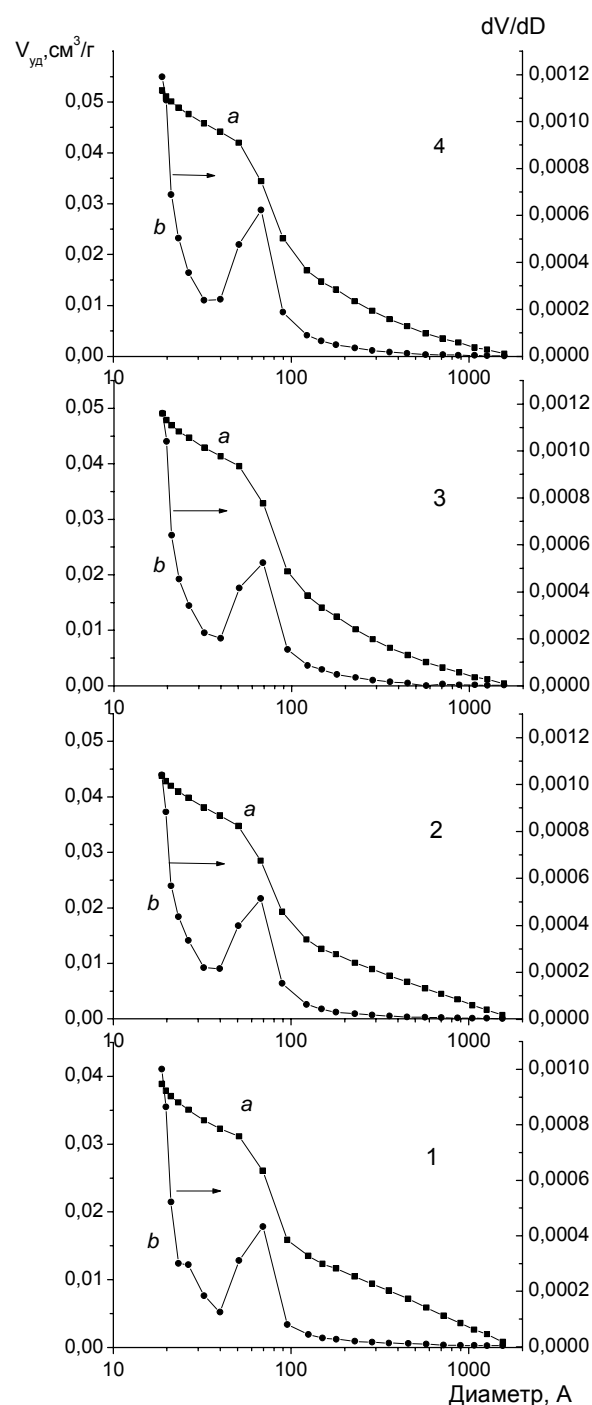


Рис. 3. Интегральные (a) и дифференциальные (b) закономерности распределения пор по размерам (ВЖН, адсорбция) для синтезированных исходных цеолитсодержащих образцов 1–4

Еще более наглядно проявляются особенности изотерм из интегральных и дифференциальных закономерностей распределения пор (ВЖН, адсорбция) по размерам (рис. 3 и 4): соответствующие зависимости однотипны вплоть до деталей для образцов 1–5, тогда как дифференциальная зависимость для образца 6 несколько иная. Принципиально другими предстают обе закономерности, особенно дифференциальная, для образца 7. Вместе с тем совершенно неожиданным оказалось значительное изменение вида дифференци-

альной закономерности при переходе от образца 6 к его ионообменному аналогу 6а. Как и изотерма адсорбции, закономерность распределения пор для образца 6а стала очень походить на соответствующие закономерности для образцов 1–5, за исключением положения максимума распределения мезопор, который с 68–70 Å для образцов 1–5 переместился до 53–55 Å для образца 6а. Кроме того, образец 6а превосходит образцы 1–5 по содержанию макропор. В образце сравнения 7 мы не видим привычных для синтезированных образцов мезопор в области 50–70 Å (более того, на интегральной зависимости в области 50 Å заметен даже "провал"), зато он слегка обогащен мезопорами диаметром 100–300 Å, а также макропорами.

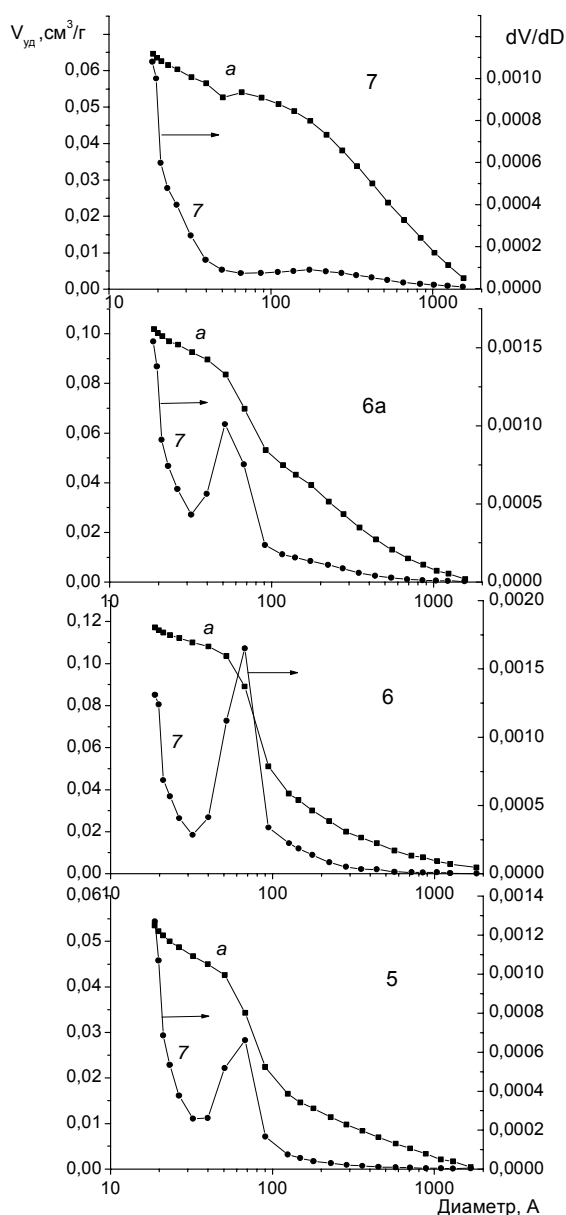


Рис. 4. Интегральные (а) и дифференциальные (7) закономерности распределения пор по размерам (ВН, адсорбция) для синтезированных исходных цеолитсодержащих образцов 5 и 6, образца 6а и образца сравнения 7

Исходя из величины поверхности микропор (таблица) и принимая за величину сравнения поверхность микропор образца NaY фирмы Линде – 843 м²/г [13], содержание цеолитной фазы в образцах 1–6, 6а и 7 можно оценить в 34; 36; 39; 41; 44; 48; 38 и 32 % соответственно, что для образцов 1–6 систематически несколько ниже первоначально найденных величин.

Из таблицы видны также значительно большие поверхности и объемы мезо- и макропор образцов 6 и 6а по сравнению с таковыми образцов 1–5 и 7. Средние диаметры пор по Ленгмюру в образцах 6, 6а и 7 несколько больше, чем в образцах 1–5. Образцы 6 и 6а превосходят примерно на столько же образцы 1–5 по средним диаметрам мезо- и макропор, однако образец сравнения 7 по этому показателю значительно выше всех остальных.

Обсуждение

Выявленные выше различия адсорбционных свойств исследованных образцов целиком обусловлены различием способов их получения. Для образцов 1–5, с одной стороны, и образца 6 – с другой, эти способы, оставаясь *in situ*, различаются только деталями, поэтому как изотермы адсорбции, так и закономерности распределения пор по размерам также отличаются лишь деталями. Зато принципиальное различие по всем параметрам демонстрирует образец 7, полученный путем смешения готового цеолита с матричной компонентой.

Основной особенностью цеолитсодержащих гранул с цеолитной фазой, синтезированной *in situ*, является их значительная мезопористость, обусловленная выщелачиванием SiO₂ из сформированной каолиновой гранулы в процессе синтеза в ней цеолитной фазы. При этом стенки мезопор "выстилаются" цеолитным слоем. На основании имеющихся данных сложно судить о его толщине, однако уверенно можно утверждать, что он является тонким, представляя собой, по существу, цеолитную пленку с толщиной, не ставящей под сомнение идентифицируемую соответствующими инструментальными методами кристалличность цеолитной фазы, в отличие от цеолитных прекурсоров неопределенной структуры [14].

Цеолитная фаза, "произрастая" из стенок мезопор, продолжает находиться в тесном контакте с последними и после окончательного своего формирования, что обеспечивает ей повышенную устойчивость по сравнению с изолированной цеолитной фазой (т. е. чистым цеолитом), а также с цеолитной фазой, совмещенной с матрицей по методу смешения и последующего спекания [7, 8]. Переход от образца 6 к образцу 6а не привел к существенному изменению диапазона размеров мезопор (рис. 4), однако при этом примерно в 2 раза повысилось содержание пор, промежуточных по своим размерам (20–30 Å) между микро- и мезопористостью. Мы склонны рассматривать эти поры как звено, укрепляющее связь цеолитного слоя с глубинными слоями материала мезопор и вызывающее эффект ультрастабилизации цеолитной фазы.

Адсорбционные свойства гранулированных цеолитов, синтезированных *in situ*
по сравнению с таковыми промышленного гранулированного образца

Характеристика и ее размерность	Образец							
	1	2	3	4	5	6	6а	7
Поверхность, м ² /г								
по БЭТ	314,1	333,4	363,4	385,7	409,8	463,3	379,0	299,8
по Ленгмюру	389,9	413,8	451,1	478,7	508,6	575,1	470,5	372,2
Удельная поверхность (ВН) пор в диапазоне диаметров 1,7–300 нм, м ² /г								
по адсорбции	24,8	28,7	31,7	34,1	35,4	64,7	56,6	23,4
по десорбции	33,4	36,5	41,6	45,0	46,1	81,2	74,0	28,6
Поверхность микропор, м ² /г	284,1	300,5	326,7	346,4	369,4	400,0	319,7	269,5
Удельный объем (ВН) пор в диапазоне диаметров 1,7–300 нм, см ³ /г								
по адсорбции	0,039	0,044	0,049	0,052	0,053	0,117	0,102	0,065
по десорбции	0,044	0,049	0,054	0,058	0,060	0,125	0,112	0,071
Объем микропор, см ³ /г	0,125	0,132	0,144	0,152	0,163	0,176	0,141	0,119
Средний диаметр пор (4V/A), Å								
по Ленгмюру	17	17	17	17	17	20	20	19
по адсорбции (ВН)	62	61	62	61	61	73	72	110
по десорбции (ВН)	53	53	52	52	52	61	61	99

Заметно более высокое содержание цеолитной фазы в образце 6 по сравнению с ее содержанием в остальных синтезированных образцах, особенно более развитую мезо- и макропористость образца 6 мы относим главным образом на счет вызревания системы при 42 °С перед ее нагреванием до температуры кристаллизации цеолита. Вызревание могло способствовать увеличению числа цеолитных зародышей и ускорению кристаллизации цеолитной фазы [15]. Возросшая продолжительность кристаллизации также благоприятствовала увеличению выхода цеолита. Следует полагать, что выщелачивание SiO₂ при этом происходило также более эффективно, что привело к образованию большего числа мезо- и макропор. Вместе с тем размеры одних и других определяются, по-видимому, термодинамикой системы, поэтому их распределение по диаметрам остается практически неизменным для всех образцов 1–6 при значительно большем их объеме в образце 6.

Что касается определенного сужения мезопор при переходе от образца 6 к образцу 6а (перемещение в сторону меньших диаметров пика мезопор образца 6а; рис. 4), то это сужение (на величине средних диаметров ВН оно не сказывается, поскольку сужение мезопор компенсируется расширением и возрастанием объема макропор), вероятнее всего, вызвано образованием внекаркасного алюминия при процедурах ионного обмена и следующих за ними термообработках образцов. Высаживаясь в мезопорах, такой алюминий в виде гидроксидных соединений ведет к определенному их сужению. Вместе с тем из макропор в кислой среде внекаркасный алюминий может вымываться

значительно эффективнее, обуславливая дальнейшее развитие системы макропор.

Наконец, образец сравнения 7, представляя собой механическую смесь цеолита и глины (скорее всего, каолина), практически обладает лишь микро- и макропористостью с четкой границей между ними (рис. 4). Последняя свидетельствует об известном самостоятельном существовании цеолитной и матричной фаз с низким стабилизирующим эффектом матрицы по отношению к цеолитной фазе [7, 8]. Интересно, что ни одна из интегральных закономерностей распределения пор по размерам для образцов 1–6 и 6а такой "отметины" не обнаруживает.

Таким образом, на основе каолиновых гранул *in situ* можно получить цеолиты типа фожазита с хорошо развитой мезо- и макропористой структурой, легко поддающиеся ионному обмену и обладающие повышенной термо- и влагостойкостью.

Закключение

В каолиновых гранулах *in situ* синтезирован ряд образцов фожазита с содержанием цеолитной фазы от 34 до 48 %.

Методом низкотемпературной адсорбции азота определен полный набор адсорбционных характеристик приготовленных образцов по сравнению с таковыми одного из товарных образцов российского производства, полученного по технологии смешения цеолитной и матричной фаз. Показано, что все приготовленные образцы обладают хорошо развитой мезопористостью. Образец с максимальными содержанием цеолитной фазы, площадью и объемом мезо- и макропор подвергнут ионному обмену исходного натрия на кальций

и лантан, а также ультрастабилизации, в результате чего незначительно уменьшился средний диаметр мезопор и заметно возросла макропористость.

Лучшие из полученных образцов превосходят образец сравнения по содержанию цеолитной фазы, степени совмещенности цеолитной и матричной фаз и мезопористости, несколько уступая ему в макропористости.

Литература

1. Жданов С. П., Егорова Е. Н., *Химия цеолитов*, Ленинград, Наука, 1968.
2. Breck D. W., *Zeolite Molecular Sieves. Structure, Chemistry and Use*. New York, London, Sydney, Toronto, John Wiley & Sons, 1974.
3. Jacobs P. A., *Carboniogenic Activity of Zeolites*, Amsterdam, Oxford, New York, Elsevier, 1977.
4. Barrer R. M., *Hydrothermal Chemistry of Zeolites*, London, New York, Paris, San Diego, San Francisco, San Paulo, Sydney, Tokyo, Toronto, Academic Press, 1982.
5. Li B.-L., Xu X.-Z., Su J., Pan H., *Fluid Cracking Catalysts*, Ed. by M. L. Occelli, P. O' Connor, New York, Marcel Dekker, 1997, 249.
6. *Крекинг нефтяных фракций на цеолитсодержащих катализаторах*, Под ред. С. Н. Хаджиева, Москва, Химия, 1982.
7. Patrylak K. I., Patrylak L. K., Manza I. A., Taranookha O. M., *Book of Abstracts. 4th European Congress on Catalysis EuropaCat-IV*, T. Maraschi (ed.), Rimini, Italy, 122.
8. Патриляк Л. К., Ліхнівський Р. В., Кукушкіна А. В. та ін., *Укр. хім. журн.*, 2000, **66** (1–2), 100.
9. Патриляк К. И., Назарок В. И., Патриляк Л. К. и др., *Журн. прикл. химии*, 1999, **72** (5), 798.
10. Patrylak L., *Adsorpt. Sci. Technol.*, 2000, **18** (5), 399.
11. Dight L. B., Bogert D. C., Leskovicz A., Pat. 5023220 USA. Publ. 11.06.91.
12. Gabelica Z., Dewaele N., Maistriau L. et al., *ACS Symp. Ser.* 1989, **398**, 518.
13. Triantafillidis C. S., Vlessidis A. G., Evmiridis N. P., *Ind. Eng. Chem. Res.*, 2000, **39**, 307.
14. Ginter D. M., Radke C. J., Bell A. T., *Zeolites: Facts, Figures, Future*, Ed. by P. A. Jacobs, R. A. van Santen, Amsterdam, Elsevier Science, 1989, 161.
15. Zhdanov S. P., Samulevich N. N., *Proc. 5th Int. Zeolites Conf.* L.V.C. Rees (ed.), London, Heyden, 1980, 75.

Поступила в редакцию 17 июля 2000 г.

Адсорбційні властивості фожазитів, синтезованих in situ в каолінових гранулах

К. Патриляк¹, А. Яковенко¹, Л. Патриляк¹, В. Випирайленко¹, Р. Лебода²,

Я. Скубішевська-Земба², П. Бартош¹

¹Інститут біоорганічної хімії та нафтохімії НАН України,
Україна, 02094 Київ, вул. Мурманська, 1; факс: (38 044) 573-25-52;

²Університет ім. Марії Кюрі-Скłodовської,
Польща, 20-031 Люблін, пл. Марії Кюрі-Скłodовської, 3; факс: (48 81) 533-33-48

Методом низькотемпературної адсорбції азоту вивчено ряд зразків, синтезованих in situ в каолінових гранулах, а також товарний зразок порівняння, одержаний методом змішування цеолітної і матричної фаз, та іонообмінна форма зразка, синтезованого in situ. Приготовані зразки з вмістом цеолітної фази в межах 34–48 % (її вміст у зразку порівняння – 32 %) мають добре розвинуту мезопористість із середнім діаметром мезопор 55–70 Е. На відміну від товарного цеоліту у зразках добре суміщені цеолітна і матрична фази, що забезпечує їх підвищену термо- та вологостійкість при іонному обміні та ультрастабілізації. Синтезовані зразки дещо поступаються перед зразком порівняння лише у макропористості, однак кращі з них значно перевищують його за сумарним об'ємом та сумарною площею поверхні мезо- та макропор.

Adsorption Properties of Faujasites, Synthesized in situ in Kaolin Granules

K. Patrylak¹, A. Yakovenko¹, L. Patrylak¹, V. Vyprailenko¹, R. Lebeda²,

J. Skubiszewska-Zięmba², P. Bartosh¹

¹*Institute of Bioorganic Chemistry and Petrochemistry of National Academy of Sciences of Ukraine; 1, Murmans'ka vul., 02094 Kyiv, Ukraine;*

²*Maria Curie-Skłodowska University; 3, M. Curie-Skłodowska pl., 20031 Lublin, Poland*

A number of samples, synthesized in kaolin granules, as well as commercial sample used for comparison, synthesized by mixing of zeolite and matrix components, and ion exchanged form of in situ synthesized sample, have been investigated by means of low temperature nitrogen adsorption. The prepared samples of zeolite phase contents within the range of 34–48 % (its content in a comparative sample – 32 %) are characterized by well developed mesoporosity of an average mesopore diameter of 55–70 Å. In contrast to commercial zeolite, there are well combined zeolite and matrix phases in samples obtained, that provides the elevated thermo- and moisture resistance of samples during the ion exchange and ultrastabilization. The synthesized samples, being a little inferior to a comparative sample in macroporosity, are considerably superior in total meso- and macropore volume and surface area.

СЕНСАЦИЯ! ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ БЕЗ РАЗБОРКИ!

Технология восстановления компрессии в цилиндрах двигателей внутреннего сгорания без разборки

Величина компрессии в цилиндрах двигателя и давление масла в системе смазки – основные показатели технического состояния двигателя внутреннего сгорания. Снижение компрессии в цилиндрах влияет на ухудшение воспламенения и сгорания горючей смеси. В результате ухудшаются пусковые качества двигателя, его мощностные экологические и экономические параметры.

В Институте биоорганической химии и нефтехимии НАН Украины разработана технология восстановления двигателей без разборки, позволяющая повысить компрессию в цилиндрах до номинальных значений при предельном снижении ее до 1,5–2 раза от паспортных данных.

Технология заключается в напылении на стенки цилиндров металлополимерного покрытия, восстанавливающего отклонения от цилиндричности (конусность, эллиптичность) и повышающего на 1–2 класса чистоту зеркала гильзы. Наносимое покрытие обладает уникальными антифрикционными и износостойкими свойствами (трение и износ уменьшаются на 1–2 порядка).

При периодической обработке через 1000 моточасов эксплуатации технология позволяет в несколько раз продлить ресурс двигателя до капитального ремонта.

Технология применима для восстановления карбюраторных, инжекторных и дизельных двигателей автомобилей и другой техники.

Контактный телефон: 559-71-81