

(19) C2 (11) 99993 (13) UA

(98) вул. В. Чорновола, 25, оф. 3, м. Київ-135, 01135

(85) 2011-11-28

(74) Мошинська Ніна Миколаївна, (UA)

(45) [2012-10-25]

(43) [2011-12-26]

(24) 2012-10-25

(22) 2010-04-28

(12) Патент України (на 20 р.)

(21) а201114063

(46) 2021-07-21

(86) 2010-04-28 PCT/US2010/032691

(30) 61/173,698 2009-04-29 US

(54) ЦЕОЛІТ Y ЦЕОЛИТ Y ZEOLITE Y

(56) WO 2004047988 A1, 10.06.2004 2 US 4331694 A, 25.05.1982 2 UA 28551 A, 16.20.2000 1

(71) US ПІК'Ю КОРПОРЕЙШН US ПИКЬЮ КОРПОРЕЙШН US PQ CORPORATION

(72) US Купер Девід Аллен US Купер Девид Аллен US Cooper, David Allen NL Оувеханд Корнеліус NL Оувеханд Корнеліус NL Ouwehand, Cornelius NL Домокос Ласло NL Домокос Ласло NL Domokos, Laszlo SG Онг Лай Хва SG Онг Лай Хва SG Ong, Lay Hwa

(73) US ПІК'Ю КОРПОРЕЙШН US ПИКЬЮ КОРПОРЕЙШН US PQ CORPORATION

Предложен способ получения модифицированного цеолита Y, заключающийся в том, что цеолит Y, имеющий молярное отношение диоксид кремния/оксид алюминия, по крайней мере, 10, подвергают прокаливанию при температуре от 700 до 1000 °C, при этом: (i) парциальное давление водяного пара составляет всего 6 кПа при температуре от 700 до 800 °C; (ii) парциальное давление водяного пара составляет всего 8 кПа при температуре от 800 до 850 °C; (iii) парциальное давление водяного пара составляет, по крайней мере, 3 кПа при температуре от 850 до 900 °C, и (iv) парциальное давление водяного пара составляет, по крайней мере, 5 кПа при температуре от 900 до 950 °C, и (v) парциальное давление водяного пара составляет, по крайней мере, 7 кПа при температуре от 950 до 1000 °C; модифицированный цеолит Y, который получают таким способом; цеолит Y, имеющий молярное отношение диоксид кремния/оксид алюминия, по крайней мере, 10, спектр инфракрасного излучения которого имеет пик на 3700 см⁻¹, но, в сущности, не имеет пиков на 3605 и 3670 см⁻¹, и цеолит Y, имеющий молярное отношение диоксид кремния/оксид алюминия, по крайней мере, 10, причем этот цеолит Y имеет кислотность, измеренную посредством обмена с perdeйтерированным бензолом, всего 20 микромоль на грамм.

Запропоновані: спосіб отримання модифікованого цеоліту Y, який полягає у тому, що цеоліт Y, який має молярне відношення діоксид кремнію/оксид алюмінію щонайменше 10, піддають прожарюванню при температурі від 700 до 1000 °C, при цьому: (i) парціальний тиск водяної пари становить найбільше 6 кПа при температурі від 700 до 800 °C; (ii) парціальний тиск водяної пари становить найбільше 8 кПа при температурі від 800 до 850 °C; (iii) парціальний тиск водяної пари складає щонайменше 3 кПа при температурі від 850 до 900 °C; (iv) парціальний тиск водяної пари складає щонайменше 5 кПа при температурі від 900 до 950 °C; (v) парціальний тиск водяної пари складає щонайменше 7 кПа при температурі від 950 до 1000 °C; модифікований цеоліт Y, який отримується таким способом; цеоліт Y, який має молярне відношення діоксид кремнію/оксид алюмінію щонайменше 10, спектр інфрачервоного випромінювання якого має пік на 3700 см⁻¹, але, по суті, не має піків на 3605 і 3670 см⁻¹; і цеоліт Y, який має молярне відношення діоксид кремнію/оксид алюмінію щонайменше 10, причому цей цеоліт Y має кислотність, виміряну за допомогою обміну з пердейтерованим бензолом, найбільше 20 мікромоль на грам.

1. Спосіб отримання модифікованого цеоліту Y, який полягає у тому, що цеоліт Y, який має молярне відношення діоксид кремнію/оксид алюмінію щонайменше 10, піддають прожарюванню при температурі від 700 до 1000 °C, при цьому: (i) парціальний тиск водяної пари становить найбільше 6 кПа при температурі від 700 до 800 °C; (ii) парціальний тиск водяної пари становить найбільше 8 кПа при температурі від 800 до 850 °C; (iii) парціальний тиск водяної пари складає щонайменше 3 кПа при температурі від 850 до 900 °C; i (iv) парціальний тиск водяної пари складає щонайменше 5 кПа при температурі від 900 до 950 °C; i (v) парціальний тиск водяної пари складає щонайменше 7 кПа при температурі від 950 до 1000 °C.
2. Спосіб за п. 1, в якому цеоліт Y має молярне відношення діоксид кремнію/оксид алюмінію більше ніж 10.
3. Спосіб за п. 2, в якому прожарювання цеоліту Y здійснюють протягом часу від 20 хвилин до 5 годин.
4. Спосіб за п. 3, в якому цеоліт Y перед прожарюванням має об'ємне молярне відношення діоксид кремнію/оксид алюмінію більше ніж 13, розмір елементарної комірки від 24,0 до 24,40 Å, і питому поверхню щонайменше 875 м²/г.
5. Цеоліт Y, отриманий способом за будь-яким із пп. 1-4.
6. Цеоліт Y, який має молярне відношення діоксид кремнію/оксид алюмінію щонайменше 10, спектр інфрачервоного випромінювання якого має пік на 3700 см⁻¹, але, по суті, не має піку на 3670 см⁻¹.
7. Цеоліт Y, який має молярне відношення діоксид кремнію/оксид алюмінію щонайменше 10, причому цей цеоліт Y має кислотність, виміряну за допомогою обміну з пердейтерованим бензолом найбільше 20 мікромоль на грам.
8. Цеоліт Y за п. 7, який має кислотність, виміряну за допомогою обміну з пердейтерованим бензолом найбільше 10 мікромоль на грам.
9. Застосування цеоліту Y, одержаного за будь-яким із пп. 1-7, як адсорбенту.

Process for preparing a modified zeolite Y which process comprises subjecting zeolite Y having a silica to alumina molar ratio of at least 10 to calcination at a temperature of from 700 to 1000 °C wherein (i) the steam partial pressure is at most 0.06 bar at a temperature of from 700 to 800 °C, (ii) the steam partial pressure is at most 0.08 bar at a temperature of from 800 to 850 °C, (iii) the steam partial pressure is at least 0.03 bar at a temperature of from 850 to 900 °C, and (iv) the steam partial pressure is at least 0.05 bar at a temperature of from 900 to 950 °C and (v) the steam partial pressure is at least 0.07 bar at a temperature of from 950 to 1000 °C, a modified zeolite Y obtainable by such process, zeolite Y having a silica to alumina molar ratio of at least 10, the infrared spectrum of which has a peak at 3700 cm⁻¹ but substantially no peaks at 3605 and 3670 cm⁻¹ and zeolite Y having a silica to alumina molar ratio of at least 10, which zeolite Y has an acidity as measured by exchange with perdeuterated benzene of at most 20 micromole/gram.

Дана заявка заявляє пріоритет заявки № 61/173698 на тимчасовий патент США, поданої 29 квітня 2009 року. Цей документ включений сюди за допомогою посилання.

Даний винахід належить до модифікованого цеоліту Y і до способу отримання такого цеоліту Y.

Цеоліт Y є добре відомою формою цеолітів і має широкий діапазон документально підтверджених додатків як носіїв каталізаторів, адсорбентів, матеріалів вибіркового розділення і т.п. у нафтохімічній і хімічній промисловості, а також як матеріалів для боротьби з забрудненням в промислових, побутових і автомобільних застосуваннях. Цеоліт Y є, наприклад, одним з основних цеолітоподібних матеріалів, запропонованих для використання при гідрокрекінгу. Раніше отримані дані показали, що модифікація основних матеріалів, описаних у документі US-A-3130007 для досягнення зниження розміру елементарної комірки, додавала підвищеної селективності бажаним середньодистильтним або середньобочковим (mid-barrel) продуктам.

Тепер несподівано виявилось, що конкретний сорт цеоліту Y можна без ускладнень обробляти, отримуючи цеоліт Y, який має модифіковані властивості. Виявлено, що таким чином з'являється можливість знизити кислотність цеоліту Y.

Відповідно, у даному винаході запропонований спосіб отримання цеоліту Y, який має молярне відношення діоксид кремнію/оксид алюмінію щонайменше 10, який іолягас у тому, що його піддають прожарюванню при температурі від 700 до 1000 °C, при цьому: (i) парціальний тиск водяної пари становить найбільше 6 кПа (0,06 бар) при температурі від 700 до 800 °C; (ii) парціальний тиск водяної пари становить найбільше 8 кПа (0,08 бар) при температурі від 800 до 850 °C; (iii) парціальний тиск водяної пари складає щонайменше 3 кПа (0,03 бар) при температурі від 850 до 900 °C; і (iv) парціальний тиск водяної пари складає щонайменше 5 кПа (0,05 бар) при температурі від 900 до 950 °C; і (v) парціальний тиск водяної пари складає щонайменше 7 кПа (0,07 бар) при температурі від 950 до 1000 °C. Крім того, даний винахід належить до цеоліту Y, який отримується таким способом.

У відомих документах, таких як WO-A-2004/047988 і WO-A-2005/084799, широкий діапазон температур описаний як придатний для прожарювання цеоліту Y у поєднанні зі зв'язуючим. Разом з тим фахівець у даній галузі техніки зміг би пересвідчитися, що більша частина такого діапазону виявляється невідповідною, оскільки передбачувана температура руйнування цеолітоподібної структури очікується високою. Тому фахівець у даній галузі техніки не міг би мати серйозних підстав для застосування всього діапазону температур від 300 до 800 °C, згаданого у WO-A-2004/047988, або від 300 до 850 °C, згаданого у WO-A-2005/084799, а зміг би розглянути лише відносно вузький діапазон близько фактично застосовуваної температури прожарювання, тобто 535 °C.

Крім того, виявлено, що цеоліт Y, який отримується за допомогою способу згідно з даним винаходом, відрізняється від відомого цеоліту Y спектром інфрачервоного випромінювання. Тому даний винахід належить до цеоліту Y, який має молярне відношення діоксид кремнію/оксид алюмінію щонайменше 10, спектр інфрачервоного випромінювання якого має пік на 3700 см⁻¹, але, по суті, не має піку на 3670 см⁻¹.

Крім цього, виявлено, що кислотність конкретного сорту цеоліту Y, модифікованого за допомогою даного винаходу, менша, ніж кислотність відомого цеоліту Y. Тому даний винахід також належить до цеоліту Y, який має молярне відношення діоксид кремнію/оксид алюмінію щонайменше 10, носій якого має кислотність, яка вимірюється за допомогою обміну з пердейтерованим бензолом, найбільше 20 мікромолів на грам.

Прожарювання цеоліту Y здійснюють при температурі від 700 до 1000 °C. Час, протягом якого цеоліт Y прожарюють, впливає на застосувану точну температуру. У загальному випадку, температура становить найбільше 850 °C. При температурі прожарювання більше ніж 900 °C спостерігалася втрата кристалічності. Час, протягом якого цеоліт Y прожарюють, переважно складає від 20 хвилин до 5 годин, переважніше - від 30 хвилин до 4 годин. Період часу прикладання температури залежить від того, чи підігрівається піч попередньо, або від того, чи підвищується температура при прожарюванні носія каталізатору. Згаданий період часу переважно складає щонайменше 40 хвилин, переважніше щонайменше, 50 хвилин. Крім того, згаданий період часу переважно менше 4 годин, переважніше - менше 3,5 годин. Температура переважно становить найбільше 850 °C, переважніше - найбільше 820 °C, найбільш переважно - у більшій мірі, 800 °C.

Прожарювання можна проводити у присутності або за відсутності водяної пари - в залежності від застосовуваної температури. Парціальний тиск водяної пари переважно складає, найбільше, 4 кПа (0,04 бар) при температурі від 700 до 800 °C. Парціальний тиск водяної пари переважно становить найбільше 7 кПа (0,07 бар) при температурі від 800 до 850 °C. Парціальний тиск водяної пари перевалено становить щонайменше 5 кПа (0,05 бар), конкретніше щонайменше, 7 кПа (0,07 бар), при температурі від 850 до 900 °C. Парціальний тиск водяної пари переважно складає щонайменше 7 кПа (0,07 бар) при температурі від 900 до 950 °C. Парціальний тиск водяної пари переважно становить щонайменше 8 кПа (0,08 бар), конкретніше - щонайменше, 10 кПа (0,1 бар) при температурі від 950 до 1000 °C. Якщо водяна пара присутня, парціальний тиск водяної пари переважно становить найбільше 50 кПа (0,5 бар), конкретніше - найбільше 40 кПа (0,4 бар).

Цеоліт Y переважно прожарюють за відсутністю аморфного зв'язуючого.

Переважні матеріали цеоліту Y для використання у даному винаході - це цеоліт Y, який має молярне відношення діоксид кремнію/оксид алюмінію (ВКА) більше ніж 10, зокрема, ультрастабільний цеоліт Y (уCUY) або дуже ультрастабільний цеоліт Y (ДУСПУ), який має розмір (a_0) елементарної комірки менше ніж 2,440 нм (24,40 ангстрем), зокрема, менше ніж 2,435 нм (24,35 ангстрем), і ВКА більше ніж 10, зокрема, від більше ніж 10 до 100. Прийнятні матеріали цеоліту Y відомі, наприклад, з описів до європейських патентів №№ 247678 і 247679, а також з документу WO 2004/047988. Хоча такі цеоліти, як уCUY і ДУСПУ, переважні для використання у даному винаході, також відповідними для використання є інші форми цеоліту Y, наприклад, відомі ультрагідрофобні цеоліти Y.

Перевалений цеоліт - ДУСУ - згідно з патентом EP-A-247678 або EP-A-247679 відрізняється розміром елементарної комірки менше ніж 2,445 нм (24,45 ангстрем) або 2,435 нм (24,35 ангстрем), здатністю до поглинання води (при 25 °C і значенні p/p_0 0,2), що становить щонайменше 8 мас. % цеоліту, і об'ємом пор щонайменше 0,25 мл/г, при цьому від 10 % до 60 % сумарного об'єму пор складають нори, які мають діаметр щонайменше 8 нм.

Найбільш переважними є матеріали з цеоліту Y, які мають малий розмір елементарної комірки і велику питому поверхню, описані у документі WO-A-2004/050548. Такі матеріали можна описати як цеоліт Y, який має ВКЛ більше ніж 13, розмір елементарної комірки у діапазоні від 24,10 до 24,40 Å і питому поверхню щонайменше 875 м²/г, виміряну методом Брунауера-Емметта-Теллера (БЕТ) за стандартом Американського товариства по випробуванню матеріалів ASTM D 4365-95, з поглинанням водню при значеннях p/p_0 0,02, 0,03 і 0,04. Згадані матеріали готують за допомогою способу, який передбачає:

а) забезпечення вихідного цеоліту структури фожаситу, який має відношення діоксид кремнію/оксид алюмінію від 4,5 до 6,5 і рівень лугу менше ніж 1,5 мас. %;

б) гідротермічну обробку згаданого вихідного цеоліту при температурі у діапазоні від 600 до 850 °C, переважно - від 600 до 700 °C, переважніше - від 620 до 680 °C, а зокрема - від 630 до 670 °C, і при парціальному тиску водяної пари, який переважно - подається ззовні, у діапазоні від 0,2 до 1 атмосфери протягом часу, ефективного для отримання проміжного цеоліту, який має розмір елементарної комірки від 24,30 до 24,45 Å, і який є прийнятним, коли знаходиться у діапазоні від 0,5 до 5 годин, а у більш відповідному випадку - від 1 до 3 годин;

с) введення проміжного цеоліту у контакт з підкисленим розчином, який містить кислоту і сіль амонію, в умовах, ефективних для отримання цеоліту, який має велику питому поверхню у діапазоні від 24,10 до 24,40 Å, відношення молярних об'ємів діоксид кремнію/оксид алюмінію більше ніж 13 і питому поверхню щонайменше 875 м²/г, що призводить до отримання цеоліту, який має велику питому поверхню; і

д) відновлення цеоліту, який має велику питому поверхню.

Особливо переважні матеріали, які мають велику питому поверхню, мають одну або декілька з наступних ознак:

розмір елементарної комірки у діапазоні від 24,14 до 24,38, переважно - від 24,24. переважніше - від 24,30, до 24,38, переважно - до 24,36, зокрема до 24,35 Å, і зокрема у діапазоні від 24,14 до 24,33 Å;

ВКЛ у діапазоні від 20 до 100, переважно - від 20 до 80, зокрема до 50;

питома поверхня щонайменше 890, зокрема щонайменше 910 м²/г;

об'єм мікропор, який визначається за допомогою азотної порозиметрії за допомогою методу t-графіку, також відомого як t-метод, з використанням азоту як речовини, яка адсорбується, як описано у першоджерелі Lippens, Linsen and de Boer, Journal of Catalysis, 3-32, (1964), понад 0,28 мл/г, зокрема - понад 0,30 мл/г. Взагалі кажучи, об'єм мікропор буде меншим 0,40 мл/г, у відповідному випадку - менше 0,35 мл/г. У цьому випадку мікропори - це пори, які мають діаметр менше ніж 2 нм.

Даний винахід також належить до цеоліту Y, відповідно до даного винаходу, який має кислотність, виміряну за допомогою обміну з пердейтерированим бензолом, найбільше 20 мікромолей на грам. Переважніше ця кислотність становить найбільше 15, переважніше - найбільше 12, переважніше - найбільше 10, а найбільш переважно - найбільше 8 мікромолей на грам.

Цеоліти, згідно з даним винаходом, знаходять конкретне застосування як адсорбенти, демонструючи універсальність відносно типу матеріалу, який може бути поглинений. Адсорбуюча здатність навіть при низькому парціальному тиску речовини, яка поглинається, виявлена і для полярних, і для неполярних матеріалів. Це робить цеоліти, згідно з даним винаходом, дуже привабливими для застосувань загального характеру, пов'язаних з адсорбційною здатністю, і застосувань у боротьбі з забрудненням. Як полярні матеріали можна згадати воду і полярні вуглеводні. Як неполярні матеріали можна згадати неполярні вуглеводні, такі як вуглеводні ароматичного ряду, такі як бензол і толуол. Відповідно, даний винахід також забезпечує застосування як адсорбентів модифікованого цеоліту Y, відповідного даному винаходу, зокрема цеолітів Y зниженої кислотності.

Тепер даний винахід буде проілюстрований нижченаведеними прикладами.

Приклади

У цих прикладах застосовувалися наступні способи випробувань:

Розмір елементарної комірки визначали за допомогою дифракції у рентгенівських променях за допомогою способу, відповідного стандарту ASTM D-3942-80.

Питому поверхню визначали відповідно до даного методу поглинання водню по Брунауеру-Емметту-Теллеру (БЕТ), описаним у першоджерелі S. Brunauer, P. Emmett and E. Teller, J. Am. Chem. Soc., 60, 309 (1938), і відповідно до способу по стандарту ASTM D4365-95. При визначеннях, які цитуються нижче, результати задаються у вигляді одноточкової оцінки, взятої при парціальному тиску водню 0,03 після попередньої високотемпературної обробки (див. також примітку нижче).

Молярне відношення діоксид кремнію/оксид алюмінію (ВКА) визначали в результаті хімічного аналізу: цитовані значення є "об'ємними" ВКА (тобто повними ВКА), а не конкретними ВКА для кристалічної структури.

Отримання цеоліту Y

Цеоліт Y, який використовується при каталізі згідно з даним винаходом готували відповідно до розпоряджень документу WO 2004/047988. Використовуваним вихідним матеріалом були цеоліти Y у формі амонію з низьким вмістом луку (менше ніж 1,5 мас. % оксиду лужного металу alkali oxide). Ці цеоліти готували одним з двох способів, відомих у даній галузі техніки. Хоча нижченаведене не означає виключення інших способів досягнення аналогічних результатів, підготовку у прикладах проводили або способом Купера (Cooper) (наведеним в описі до патенту США № 5435987), який передбачає обмін іонами K і Na для утворення цеоліту Y з подальшим обміном іонами амонію, або способом Алафанді (Alafandi) (наведеним в описі до патенту США № 4085069), який передбачає обмін іонами амонію при тиску вище атмосферного, що сприяє автогенному процесу. Цеоліт Y у формі амонію з низьким вмістом луку піддавали прожарюванню водяною парою за одну або дві стадії для створення цеоліту Y ультрастабільного типу. Оброблені водяною парою цеоліти потім піддавали кислотній обробці для видалення алюмінію, що передбачає обробку на одному етапі сукупністю хлориду амонію і соляної кислоти. Вміст води при іонообмінній обробці для видалення алюмінію звичайно виявлявся достатнім для забезпечення суспензії цеоліту з концентрацією безводного цеоліту від 5 до 25 %. Таке відхилення у складі не вважається таким, що впливає істотним чином на отримувані результати.

Отриманий цеоліт Y мав молярне відношення діоксид кремнію/оксиду алюмінію, яке дорівнює 25, розмір елементарної комірки 24,33 Å і питому поверхню 922 м²/г.

Спектр інфрачервоного випромінювання

Крім того, ІЧ-спектри вищезазначених носіїв каталізаторів вимірювали за допомогою спектрометру Biorad FTS 175 FT-IR, де використовували детектор на основі телуриду ртуті-кадмію. Елемент оснащували тримачем зразків, який передбачає 10 положень, а зразки заміряли як підкладки, які вільно стоять, з діаметром 18 мм, пресовані з 25,3±0,1 мг порошку цеоліту під тиском 3,5-4 тонни. Для вимірювання фону використовували відкрите положення тримача зразків. Спектри фону і зразку вимірювали шляхом збору даних 250 сканувань при розрізненні 2 см⁻¹. Спектрометр промивали азотом для мінімізації заважаючого впливу випаровування води. Після створення розрізнення до величини менше ніж 5 × 10⁻² Па (5 × 10⁻⁴ мбар) зразки активували на місці у спеціальній зоні нагрівання шляхом застосування програми зміни температури до 450 °C зі швидкістю 10 °C/хв., а час витримання при 450 °C становив 30 хвилин. Потім зразки охолоджували до 50 °C зі швидкістю 20 °C/хв. Потім вимірювали 14 - спектри фону і зразків.

H/D-кислотність

Після запису вищезазначених спектрів, тримач зразків повертали ковзанням назад у зону нагрівання і витримували в рівноважному стані при 50 °C протягом додаткових 15 хвилин, підтримуючи вакуум. Обмін H/D здійснювали на місці, дозволяючи гексадейтеробензолу (C₆D₆) при тиску 1,07-1,2 кПа (8-9 тор) взаємодіяти із зразками активованого цеоліту протягом 15 хвилин при 50 °C з подальшим розрідженням протягом 45 хвилин (максимум протягом 1 години) до досягнення цільового тиску 5 × 10⁻² Па (5 × 10⁻⁴ мбар). Вимірювали ІЧ-спектри фону і зразків. Щоб кількісно охарактеризувати загальну величину кислотності, порівнювали ІЧ-спектри зразку до (ОН-спектр) і після (OD-спектр) контакту з гексадейтеробензолом таким чином. Отриманий ОН-спектр віднімали від OD-спектру і корегували базисну лінію. Потім проводили апроксимацію кривої за допомогою заздалегідь визначеного піку, заданого для матеріалів типу ДУСЦУ, і раніше визначених коефіцієнтів загасання.

Кристалічність

Кристалічність вимірювали шляхом порівняння з високотемпературним еталоном типу ДУСЦУ, здійснюючи наступні зміни у розширенні піків, яке заміряється за допомогою дифракції у рентгенівських променях.

Приклад 1

У таблиці 1 показані властивості зразку цеоліту Y, отриманого так, як описано вище, який прожарювали протягом 2 годин при 600 °C.

Таблиця 1

Еталон 1

Розмір елементарної комірки (нм)	2,433
Кристалічність (%)	99
ВКА	24,95
HD-кислотність (мікромоль на грам)	175

Додаткові зразки свіжоотриманого цеоліту Y також прожарювали протягом 2 годин, але тепер у присутності водяної пари і при більш високій температурі, як описано у таблиці 2. Здатність прожареного таким чином цеоліту Y також показано у цій таблиці.

Таблиця 2

	Еталон 1	Зразок 1	Зразок 2
Т прожарювання (°C)	600	900	950
Водяна пара (парціальний тиск у барах)	Немає	0,1	0,1
Питома поверхня (м /г)	929	816	804
Об'єм мікропор (см³/г)	0,310	0,278	0,274
Об'єм мезопор (см³/г)	0,186	0,189	0,192

ІЧ-спектри зразків цеоліту Y вимірювали так, як описано вище. Виявили, що зразки 1 і 2 мали пік на 3700 см⁻¹, але, по суті, не мали піків на 3605 і 3670 см⁻¹. ІЧ-спектр еталону 1 був протилежним, тобто мав піки на 3605 і 3670 см⁻¹ і не мав піку на 3700 см⁻¹.

Приклад 2

Як і у прикладі 1, в таблиці 3 показані властивості зразку цеоліту Y, отриманого так, як описано вище, і прожареного протягом 2 годин при 600 °C.

Таблиця 3

Еталон 2

Розмір елементарної комірки (нм)	2,432
Кристалічність (%)	88
ВКЛ	28,72
HD-кислотність (мікромоль на грам)	209

Додаткові зразки свіжоотриманого цеоліту Y також прожарювали протягом 2 годин у присутності водяної пари і при більш високій температурі, як описано у таблиці 4. Здатність прожареного таким чином цеоліту Y також показано у цій таблиці.

Таблиця 4

	Еталон 2	Зразок 3
Т прожарювання (°C)	600	850
Питома поверхня (м /г)	859	834
Об'єм мікропор (см³/г)	0,284	0,274
Об'єм мезопор (см³/г)	0,159	0,176

ІЧ-спектри зразків цеоліту Y вимірювали так, як описано вище. Виявили, що зразок 3 мав пік на 3700 см⁻¹, але, по суті, не мав піків на 3605 і 3670 см⁻¹. ІЧ-спектр еталону 2 був протилежним, тобто мав піки на 3605 і 3670 см⁻¹ і не мав піку на 3700 см⁻¹.