

В.В. Манк, д-р.техн.наук, проф.,

Л.М. Мельник, д-р.техн. наук, проф.

Національний університет харчових технологій

ДОСЛІДЖЕННЯ ДЕСОРБОВАНОЇ ФАЗИ ПРИРОДНИХ ДИСПЕРСНИХ МІНЕРАЛІВ ТЕРМІЧНИМИ МЕТОДАМИ

Досліджено десорбовані фази природних дисперсних мінералів, отриманих термічними методами. Встановлено, що молекули води та вуглекислого газу в процесі адсорбції утворюють різні за міцністю зв'язки із поверхневими активними центрами мінералів і видаляються з мінералу в різних температурних діапазонах.

Ключові слова: десорбована фаза, природні дисперсні мінерали, маспектроскопія, палигорськіт, гідрослюда, цеоліти.

Природні дисперсні мінерали, поклади яких в Україні досить потужні, широко використовуються в різних галузях промисловості [1, 2]. Зокрема, в харчовій промисловості за їх допомогою очищають рослинні олії та тваринні жири від окисних та перекисних сполук і важких металів [3], цукрові розчини від колоїдних домішок та барвників [4], водно-спиртові розчини від метанолу та вищих спиртів, альдегідів і ефірів [5] та обезводнюють спирти [6]. Вони виявилися ефективними у подовженні термінів зберігання соняшникового насіння перед переробленням його на олію і як посівного матеріалу та ін.

© В.В. Манк, Л.М. Мельник, 2011

В усіх цих випадках необхідно забезпечити екологічну безпеку використання природних адсорбентів, щоб їх контакт з харчовими продуктами не приводив до забруднення шкідливими речовинами. Тому дуже важливо мати інформацію про склад адсорбованої фази дисперсних мінералів та розробити шляхи

видалення небажаних домішок з поверхневої фази перед використанням цих матеріалів. Попереднє видалення адсорбованої води також корисне в багатьох випадках, оскільки при цьому звільняються тонкі пори адсорбентів, які можуть бути корисними в адсорбції шкідливих домішок з споживчих продуктів.

Вивчення складу адсорбованої фази та характеру її взаємодії з поверхневими адсорбційними центрами є важливим також з теоретичної точки зору, оскільки знання природи поверхні різних за походженням мінералів дає можливість цілеспрямовано підбирати відповідні природні адсорбенти для вирішення конкретних практичних завдань.

Серед низки експериментальних методів дослідження складу поверхневого шару різних дисперсних мінералів в цій роботі запропоновано використання маспектроскопії з термопрограмованою десорбцією (МС ТПД) і співставлення з результатами методу деріватографії. Таке співставлення суттєво доповнює можливості обох методів, оскільки вони відображають одне і те ж явище десорбції молекул з поверхні дисперсних мінералів під дією температури, але реєструють різні параметри десорбованої речовини. В деріватографії фіксують загальну масу видаленої з зразка речовини та діапазони температур, в яких вона видаляється, роблять непрямі висновки щодо природи цієї речовини і розраховують термодинамічні характеристики процесу десорбції. В МС ТПД безпосередньо визначають молекулярну будову десорбованої речовини в тих же температурних діапазонах.

Маспектри зразків в діапазоні фрагментів молекулярних мас m/z від 10 до 200 отримували на приладі LKB-2091 (Швеція) за загальноприйнятою методикою [7]: температура балону введення зразка в іонне джерело складала 200 °С, температура іонного джерела 250 °С, енергія іонізуючих електронів 75 еВ, прискорюючий потенціал 1500 В. Методика отримання термомаспектрів (ТМС) полягала в наступному. При поступовому підвищенні температури зразків за відповідною програмою через кожні 5 °С записували маспектр і зберігали його в пам'яті комп'ютера. Результати оброблялися за спеціальною програмою [7] і представлялися у вигляді залежностей інтенсивності окремих молекулярних

фрагментів, що видаляються з поверхні мінералу, від температури, які отримали назву термомаспектрів. Маспектри отримані в лабораторії професора В.О. Покровського Інституту хімії поверхні НАН України.

Деріватограми дисперсних мінералів знімали за допомогою приладу Q-1500 угорської фірми „Paulik-Paulik” в діапазоні 20 – 1000 °С за атмосферних умов.

Серед низки природних дисперсних мінералів для досліджень були вибрані найбільш поширені та доступні до використання у промисловості шаруваті алюмосилікати — палигорськіт та гідрослюда Черкаського родовища, глауконіт Хмельницького родовища, та каркасні алюмосилікати -синтетичний цеоліт і морденіт Закарпатського родовища. Хімічний склад та фізико-хімічні властивості цих мінералів добре вивчені і наведені в [8]. При цьому зазначимо, що дослідженням присутності різних домішок в поверхневому шарі природних дисперсних мінералах практично не приділялося уваги. Такі домішки могли з'являтися в мінералах як внаслідок влаштування в їх структуру та затримання в тонких та закритих порах різних атомів та молекул з оточуючого середовища в процесі утворення самих мінералів, так і в процесах просочування природних та стічних вод, що містять у своєму складі домішки різних органічних речовин (як приклад, гумінових, фульво та інших органічних кислот) і важких металів. Таке просочування та поглинання домішок природними дисперсними мінералами цілком можливе, оскільки в родовищах вони розташовані на невеликій глибині (десятки метрів).

Як відомо [2,8], природні дисперсні алюмосилікати характеризуються розвинutoю гідрофільною поверхнею, мають в своїй структурі пори різних розмірів, що визначає їх високу вибіркoву адсорбційну здатність до певних молекул. Особливо сильно вони поглинають воду, яка знаходиться в складі мінералів в різних формах: конституційна, зв'язана безпосередньо з активними центрами поверхні, капілярно-осмотична, вільна у вигляді крапель, що затримуються у великих порах. Чітких критеріїв поділу поглиненої дисперсними частками води не існує, оскільки навіть в маленьких краплях активність води вже буде менше

одиниці. Деяка уточнююча інформація про стан адсорбованої мінералами води також буде отримана з наведених нижче експериментальних результатів.

Типовий маспектр десорбованої фази, що видаляється з поверхні палигорськіту при температурі 105 °С, наведено на рис. 1. Можна бачити, що піки різних молекулярних фрагментів зосереджені в області молекулярних мас m/z від 10 до 100, що відповідає розкладу хімічних сполук невисокої молекулярної маси, який відбувається внаслідок бомбардування молекул прискореними електронами у вимірній комірці маспектрометра.

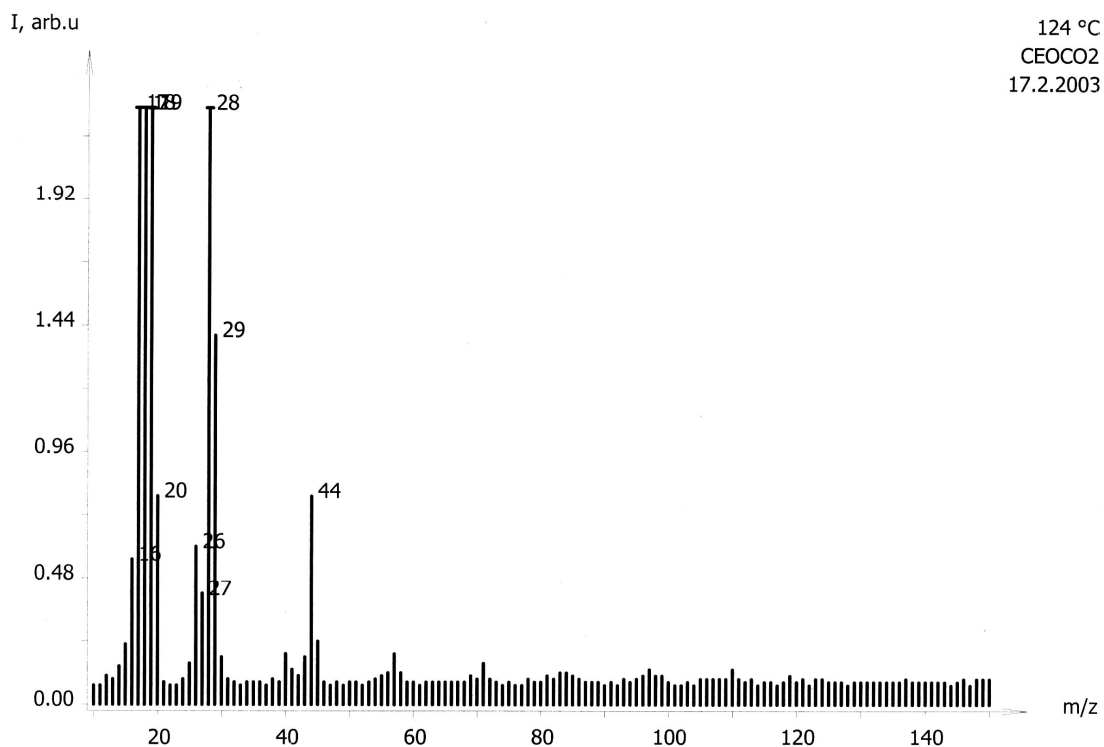


Рис. 1. Мас-спектрограми температурно-програмованої десорбції палигорськіту, отримані при температурі 105 °С

Термомаспектри досліджуваних зразків природних дисперсних мінералів складаються з великої кількості смуг окремих молекулярних фрагментів, що відрізняються за інтенсивністю на декілька порядків (рис. 2). Тому більш доцільно проводити їх аналіз, співставляючи температурну поведінку серії близьких за інтенсивностями смуг ТМС. За цими ознаками смуги ТМС всіх досліджених

мінералів можна чітко розділити на три типи: найбільш потужні з молекулярною масою заряджених фрагментів $m/z = 17$ та 18 , відносно інтенсивні смуги з $m/z=16, 28$ та 44 та низка слабких, що відносяться до домішок.

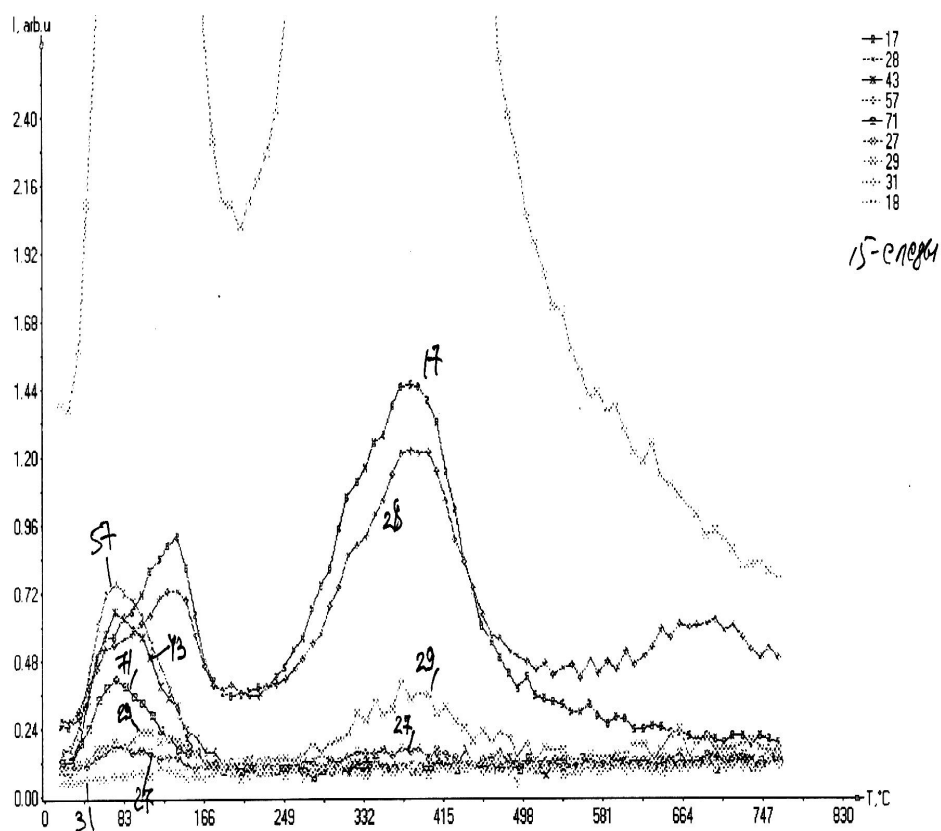


Рис. 2. Термомаспектрограма палигорськіту до адсорбції з водно-спиртових розчинів

На рис. 2 наведено найбільш інтенсивні смуги термомаспектра палигорськіту, які є типовими для досліджених шаруватих алюмосилікатів. Спостерігається декілька температурних діапазонів з максимумами при 85, 125, 300 та 390 °С, в яких адсорбована фаза видаляється з поверхні мінералу. Треба відзначити

симбатну термічну поведінку заряджених молекулярних фрагментів з $m/z=17$ та 18 і однозначно стверджувати, що вони відносяться до гідроксильних груп та молекул води. Джерелом цих фрагментів є молекули десорбованої з поверхні палигорськіту води та поверхневі групи ОН. Наявність декількох піків на маспектрограмі свідчить про різний за міцністю зв'язок води з поверхневими активними центрами. Найслабше зв'язана вода видаляється в температурному інтервалі $40 - 100$ °С. Вона відноситься до капілярно-осмотичної води. За рахунок існування поверхневого натягу в капілярах така вода швидко всмоктується дисперсією мінералу в кількості $\approx 1,5$ г на 1 г глини і видаляється з порового простору при незначному підвищенні температури.

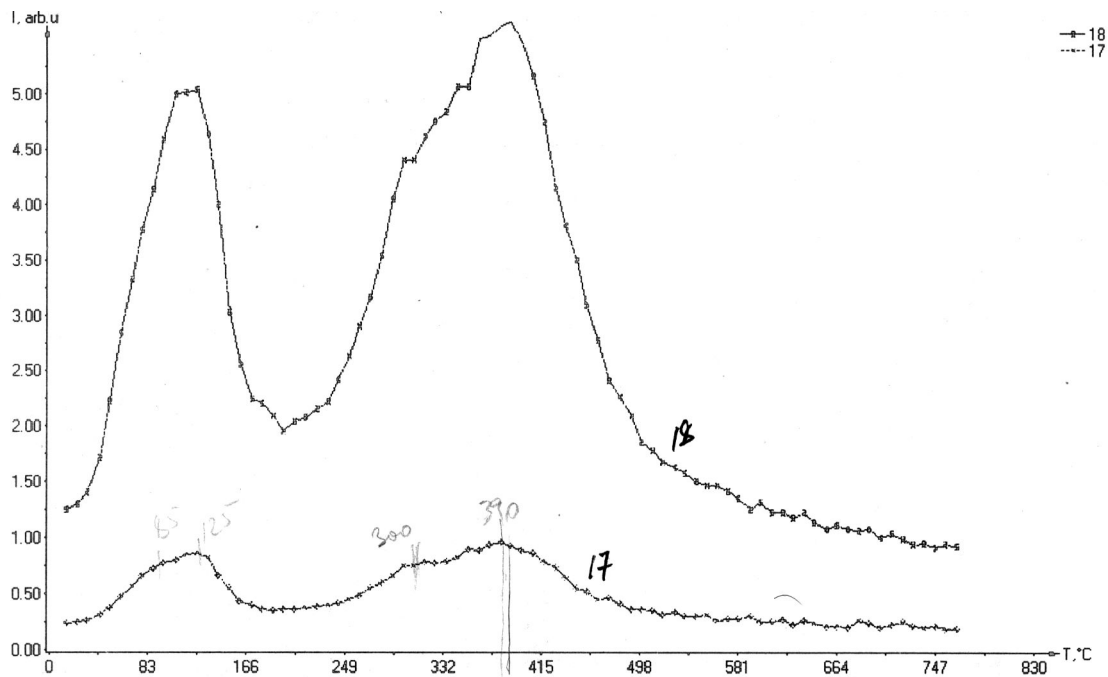


Рис. 3. Типові термомаспектри палигорськіту, отримані при температурах, °С:
85, 125, 300, 390

Існування розгалуженого порового простору в досліджених глинистих мінералах підтверджується результатами низькотемпературної адсорбції-десорбції парів азоту (рис. 4). Тут спостерігається вузький розподіл пор в діапазоні їх розмірів $0,9 - 2,0$ нм (мікропори) об'ємом $0,03$ см³/г та широкий розподіл $2,0 - 30$ нм (перехідні пори) об'ємом $0,21$ см³/г. За даними термічного аналізу

(рис. 4) в цьому температурному інтервалі видаляється найбільша кількість води (~ 8 %), що міститься в повітряно-сухому зразку мінералу.

Більш міцно зв'язана вода видаляється з поверхні палигорськіту в інтервалі температур 100 – 160 °С (рис. 3, 5) в кількості ~ 4 %. Згідно з [8] ця вода утримується мінералом за рахунок утворення водневих зв'язків з поверхневими гідроксильними групами та гідратації обмінних катіонів.

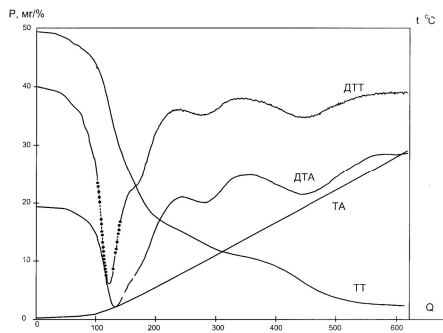
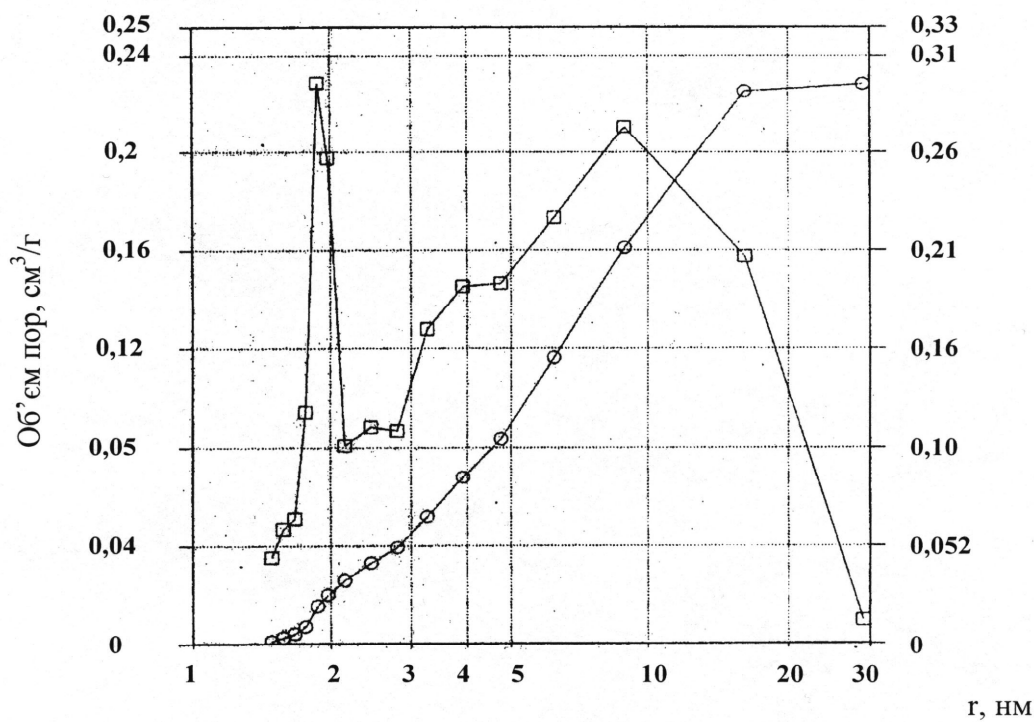


Рис. 4. Дериватограма палигорськіту



а

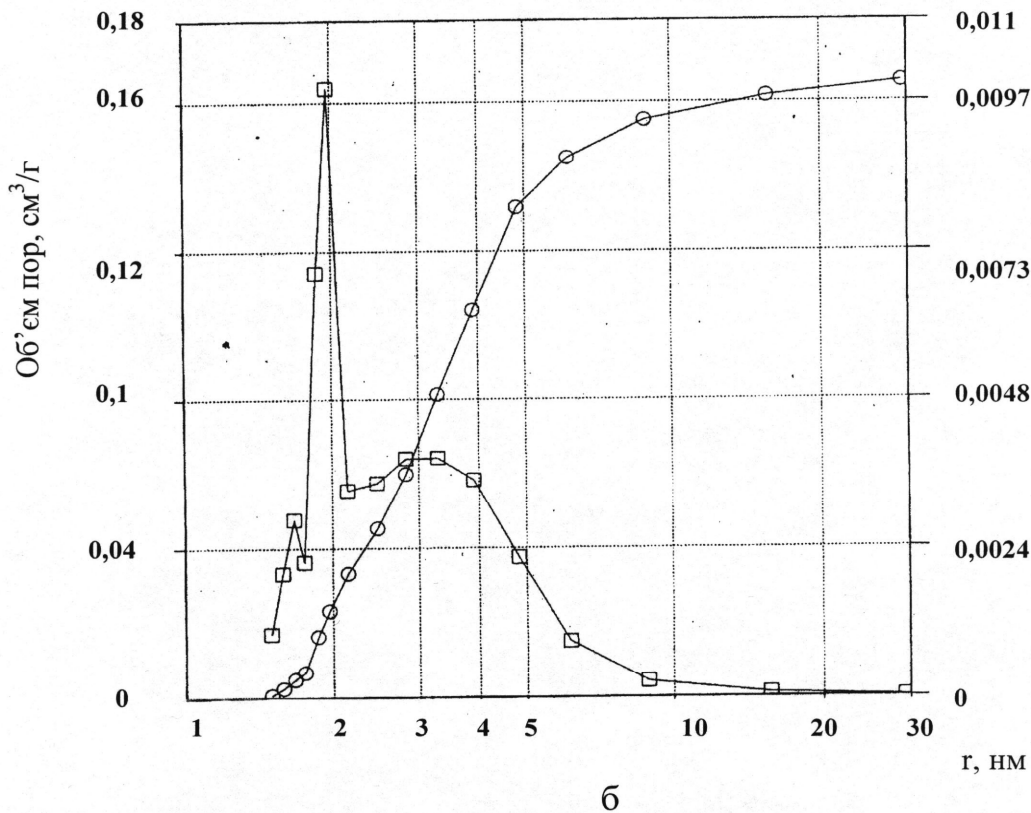


Рис. 5. Гістограми розподілу пор палигорськиту (а) та гідрослюди (б) о — об'єми пор, $\text{см}^3/\text{г}$; \square — радіуси пор, нм.

У високотемпературній області $250 - 450\text{ }^\circ\text{C}$ на термомаспектрах палигорськиту також спостерігається 2 піки найбільш інтенсивного видалення десорбованої речовини при 300 та $390\text{ }^\circ\text{C}$. На дериватограмах (рис. 4) також в цих температурних інтервалах спостерігаються ендотермічні мінімуми на кривих ДТА та втрати маси зразка на кривих ТГ. Відомо [2], що при температурах вище $350\text{ }^\circ\text{C}$ відбувається руйнування гідроксильного покрову шаруватих алюмосилікатів, внаслідок чого в ТМС десорбованої фази спостерігаються молекулярні фрагменти з $m/z=17$ та 18 . Щодо природи та складу десорбованої фази, яка видаляється з мінералів в області температур $250 - 350\text{ }^\circ\text{C}$, однозначної відповіді немає. Можна припустити, що в цих умовах відбувається видалення міцнозв'язаної води з міжшарової структури мінералу. Проте, згідно з даними інфрачервоних досліджень глинистих мінералів [8], вся зв'язана вода видаляється з мінералу до $250\text{ }^\circ\text{C}$. Співставлення ендоефектів на дериватограмах палигорськиту, які спостерігаються в інтервалах температур $250\text{ }^\circ\text{C}$ та $350\text{ }^\circ\text{C}$, показує, що за приб-

лишно однакової втрати маси зразка мінералу в цих інтервалах, високотемпературний ендоефект значно потужніший. Звичайно, що для десорбції води з поверхні мінералу необхідно витратити меншу кількість тепла (енергії), ніж для руйнування гідроксильного покрову мінералу. Отже, більш достовірно можна стверджувати, що в інтервалі температур 250 – 350 °С з поверхні палигорськіту видаляється міцнозв'язана вода, що знаходиться в тонких щілиноподібних порах мінералу, а при 350 – 500 °С відбувається руйнування гідроксильного покрову мінералу.

Треба відзначити, що на дериватограмах палигорськіту спостерігається ще й п'ятий високотемпературний ендоефект з втратою маси зразка в інтервалі 400 – 500 °С. Його природа стає зрозумілою після аналізу температурної поведінки інших молекулярних фрагментів в маспектрах. Цікаво також відзначити, що інтенсивність піків $m/z = 17$ та 18 в маспектрах у високотемпературних областях значно більша, ніж у низькотемпературних, тоді як кількість десорбату, що видаляється при цьому з зразків, вказує на обернену поведінку. Отже виходить, що інтенсивність піків в маспектрах не завжди пропорційна кількості десорбованої речовини. Можливо, вона пов'язана не тільки з кількістю речовини, що знаходиться в іонізуючій камері спектрометра, а і з особливістю самої методики, оскільки ймовірність появи тих чи інших іонів залежить від енергії електронів, що опромінюють зразок.

Проміжні за інтенсивністю смуги на термомаспектрах з $m/z = 16, 28$ та 44 нагадують за формою попередні. Так, смуга з $m/z = 16$ є зменшена копія смуг з $m/z = 17$ та 18 . Це і не дивно, адже вона відноситься до позитивно зарядженого атому кисню, який з'являється внаслідок іонізації молекул води та груп ОН опромінюючими електронами. Ймовірність появи цих заряджених фрагментів, а отже, й інтенсивності цієї смуги залежать від налагодження самого маспектрометра.

Молекулярні фрагменти з $m/z = 28$ та 44 найбільш ймовірно відносяться до заряджених фрагментів молекул CO та CO₂, причому перший може з'являтися внаслідок розкладу CO₂ → CO + O під дією електронного опромінювання в ка-

мері масспектрометра, а також окислення органічних речовин, що містяться в самому мінералі. Присутність молекул вуглекислого газу в десорбованій фазі природних дисперсних мінералів не може викликати сумнівів, оскільки цей газ є складовою атмосферного повітря, а в конденсованій фазі його молекули утворюють досить міцні водневі зв'язки з молекулами води і адсорбуються в порах адсорбенту [9, 10]. Отже, молекули CO_2 майже нарівні з H_2O адсорбуються на поверхні дисперсних мінералів та виявляють таку ж термічну поведінку. Аналіз ТМС палигорськіту та інших дисперсних мінералів (рис. 6, 7) підтримує це твердження. Можна також стверджувати, що молекули CO_2 утворюють різні за міцністю зв'язки з поверхневими активними центрами (дисперсійні взаємодії, водневі зв'язки, електростатичні взаємодії диполів молекул вуглекислого газу з обмінними іонами), які видаляються з поверхні мінералів, як і молекули води, в декілька стадій у низько та високотемпературній області. Тобто, можна говорити про слабо та міцнозв'язаний вуглекислий газ.

Поряд з піками на термомасспектрограмах, характерними для молекул десорбованої з мінералів води, для CO_2 спостерігаються більш високотемпературні піки при 650°C для палигорськіту (рис. 7) та 550°C для гідрослюди (рис. 6). Їх поява в ТМС пов'язана з розкладом карбонатів різних металів, зокрема карбонату кальцію, які присутні в складі мінералів, що добувалися безпосередньо з родовищ. На розклад карбонатів вказують також дані дериватограм палигорськіту (рис. 4), на яких спостерігається п'ятий ендоефект в інтервалі температур $\sim 600^\circ\text{C}$ з відповідною втратою маси зразка. Згідно з цим показником, проведені оціночні розрахунки показують, що процентний вміст домішок карбонатів в зразках мінералів не перевищує 1 – 2 %, що збігається з даними рентенофазового аналізу.

I, arb.u



Рис. 6. Термомаспектрограми гідрослюди до адсорбції з водно-спиртових розчинів

Таким чином, порівняльний аналіз термічної поведінки молекулярних фрагментів з $m/z = 16, 17, 18, 28$ та 44 в маспектрах та дериватограмах зразків палигорськіту і гідрослюди дозволив встановити, що молекули води та вуглекислого газу в процесі адсорбції утворюють різні за міцністю зв'язки з поверхневими активними центрами мінералів і видаляються з мінералу в різних температурних діапазонах. Цей висновок, а також присутність в складі природних дисперсних мінералів домішок карбонатів треба враховувати при аналізі природи адсорбційної фази та результатів адсорбційних процесів.

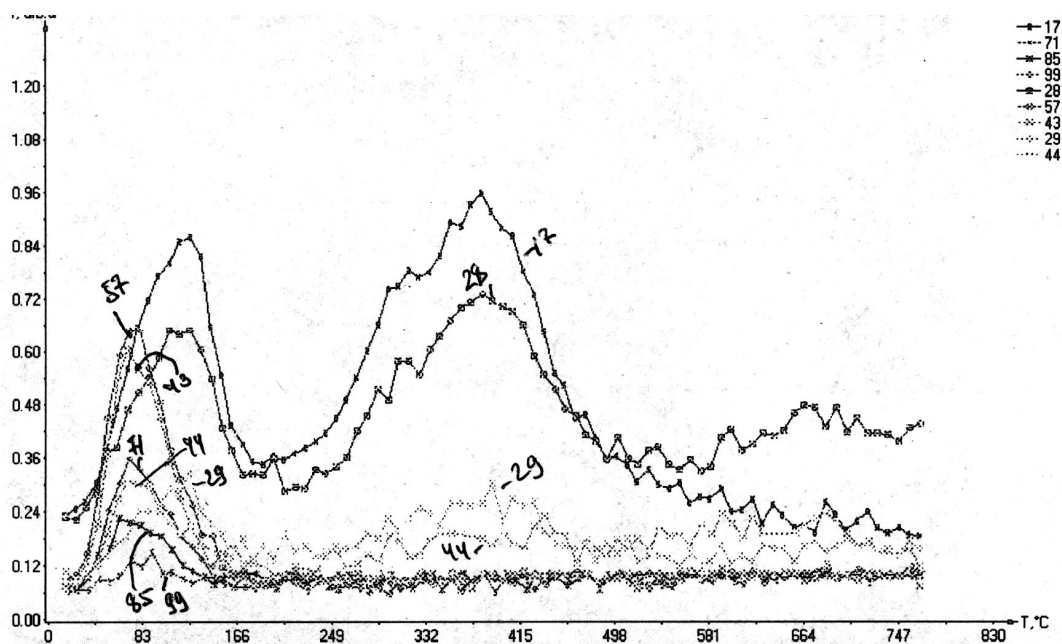


Рис. 7. Термомаспектрограми палигорськіту після сорбції домішок з водно-спиртових розчинів

До третього типу термомаспекрів шаруватих алюмосилікатів відноситься низка слабких за інтенсивністю смуг з $m/z = 27, 29, 31, 43, 57, 71, 85$ та 99 (рис. 2, 7, 8, 9). Вони відносяться до фрагментів органічних молекул, що утворюються при опроміненні десорбату мінералів швидкими електронами в камері спектрометра. Можна відзначити послідовність фрагментів гомологічного ряду аліфатичних спиртів $(\text{CH}_3\text{CH}_2)^+$, $(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2)^+$, $(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2)^+$, $(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2)^+$, $(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2)^+$ з молекулярними масами $m/z = 29, 43, 57, 71, 85$, відповідно. Зустрічаються також інші фрагменти з $m/z = 27, 31$ та ін., що можуть відноситися до зарядів $(\text{CH}_2\text{O})^+$, $(\text{CH}_3\text{O})^+$, $(\text{COO})^+$. Піків з більшими молекулярними фрагментами з $m/z > 100$ в маспектрах десорбованої фази досліджених мінералів не виявлено. Отже, можна зробити важливий для екологічної безпеки висновок, що в адсорбованих прошарках природних дисперсних мінералів відсутні молекули органічних речовин з великою молекулярною масою та ароматичні сполуки. Відзначені вище заряджені фрагменти можуть бути складовими молекул органічних кислот, зокрема, гумінових та фульвокислот. В літературі є припущення щодо хімічного складу цих речовин, проте вони не зовсім збігаються з отриманими нами результатами.

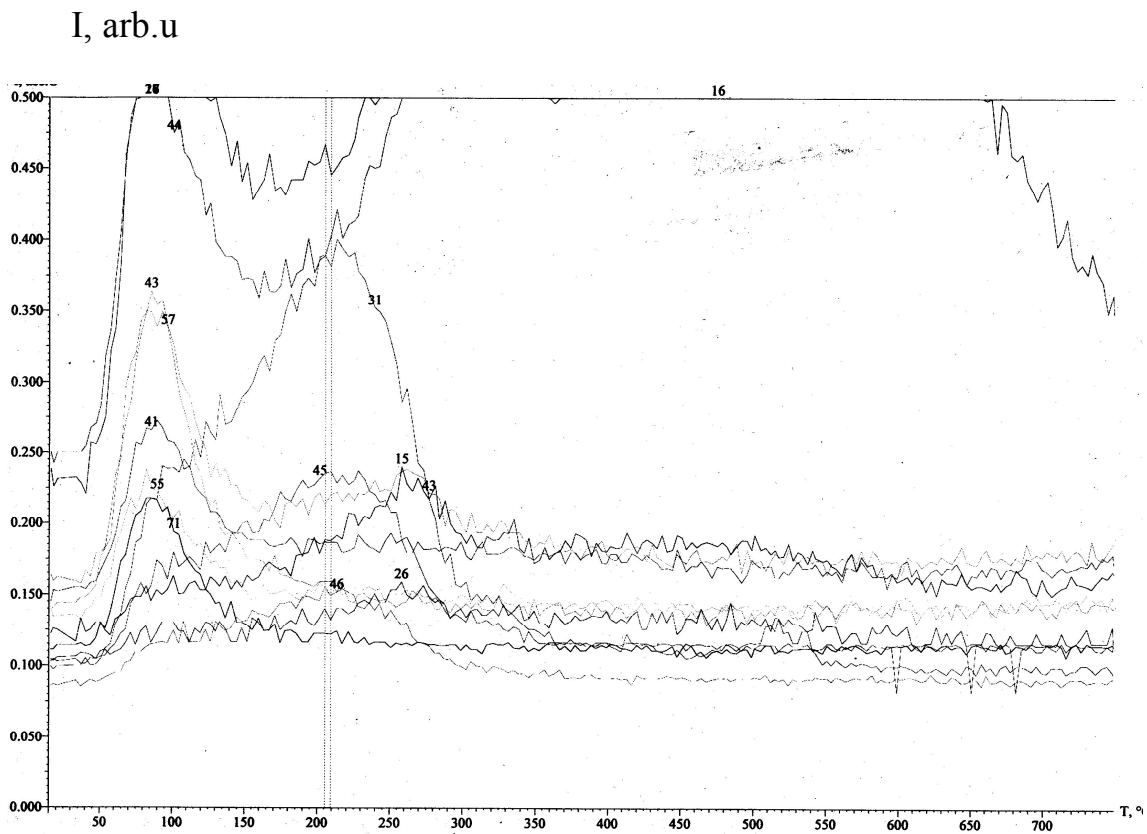


Рис. 8. Термомаспектрограми гідрослюди після термообробки при $t = 180\text{ }^{\circ}\text{C}$

Як виходить з наведених ТМС (рис. 2, 7, 8, 9), піки органічних кислот в десорбованій фазі мінералів спостерігаються, в основному, в області низьких температур $85\text{ }^{\circ}\text{C}$, і вони повністю співпадають з піками видалення слабо зв'язаних молекул води та вуглецевого газу. Після сушіння зразків мінералів при температурі вище $120\text{ }^{\circ}\text{C}$ на протязі трьох годин інтенсивність цих піків значно зменшується. З аналізу цих даних слідує, що в макропори мінералу на місці родовища просочується водний розчин органічних кислот, який являє собою забруднені природні або стічні води оточуючого середовища. Цей розчин легко видаляється з мінералу при нагріванні його до температури $100 - 120\text{ }^{\circ}\text{C}$. Треба відзначити, що деякі фрагменти органічних молекул видаляються при 85 і $125\text{ }^{\circ}\text{C}$ (наприклад, піки з $m/z = 29$, рис. 7), як і адсорбована вода. Це свідчить про більш глибоке проникнення органічних молекул в тонкі пори мінералу. У випадку гідрослюди в інтервалі температур $180 - 260\text{ }^{\circ}\text{C}$ (пік при $210\text{ }^{\circ}\text{C}$) спостерігається відносно інтенсивна смуга з $m/z = 31$. Можливо невеликі за розмірами молекули органічних речовин, наприклад, нищих спиртів або кислот адсорбу-

ються на активних центрах поверхні мінералу, як і міцно зв'язана вода.

Отже, при підготовці природних дисперсних мінералів до їх використання в харчовій промисловості, як адсорбентів, необхідно проводити попереднє сушіння зразків при вказаних вище температурах. При цьому відбувається очищення поверхневого адсорбційного шару від домішок органічних кислот, які можуть бути небезпечними, і додатково збільшується адсорбційна здатність мінералів.

Форма термомаспектрів десорбованої фази каркасних алюмосилікатів – природного морденіту та синтетичного цеоліту NaX суттєво відрізняється від шаруватих (рис. 10, 11). Основні інтенсивні піки видалення адсорбованої води з $m/z = 18$ та 17 спостерігаються в інтервалі температур $50 - 150$ °C для синтетичного цеоліту та $50 - 450$ °C для морденіту. Більш широкий температурний інтервал десорбції води природного цеоліту свідчить про велику енергетичну неоднорідність активних центрів мінералу. Також можна припустити існування гідроксильного покрову в тонких порах морденіту, тоді як умови синтезу цеоліту NaX підбираються так, що групи OH можуть бути присутніми тільки на зовнішній поверхні мінералу, яка у таких мінералах відносно мала.

Цікавою особливістю поведінки смуг фрагментів $(CO)^+$ та $(CO_2)^+$ з $m/z = 28$ та 44 є значно більша інтенсивність перших, а також поява вузької смуги фрагментів з $m/z = 28$ та 29 і відсутність такої для $m/z=44$ в області температур $250 - 330$ °C. Це свідчить про те, що джерелом виникнення заряджених фрагментів $(CO)^+$ та $(HCO)^+$ в ТМС є не тільки розклад диоксиду вуглецю під дією потужного електронного потоку. Можна припустити, що поява цієї смуги пояснюється присутністю в зразках, що досліджуються, домішкових мінералів, які розкладаються при вказаних температурах з виділенням карбонатів.

I, arb.u

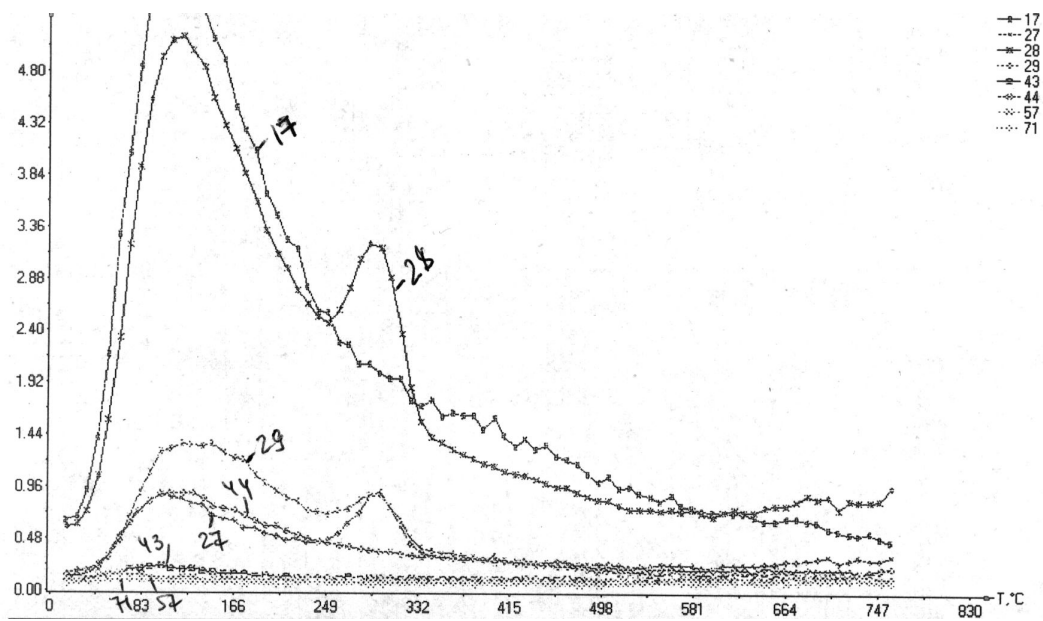


Рис. 9. Термічна десорбція летких продуктів термічних перетворень органічних молекул з поверхні морденіту

I, arb.u

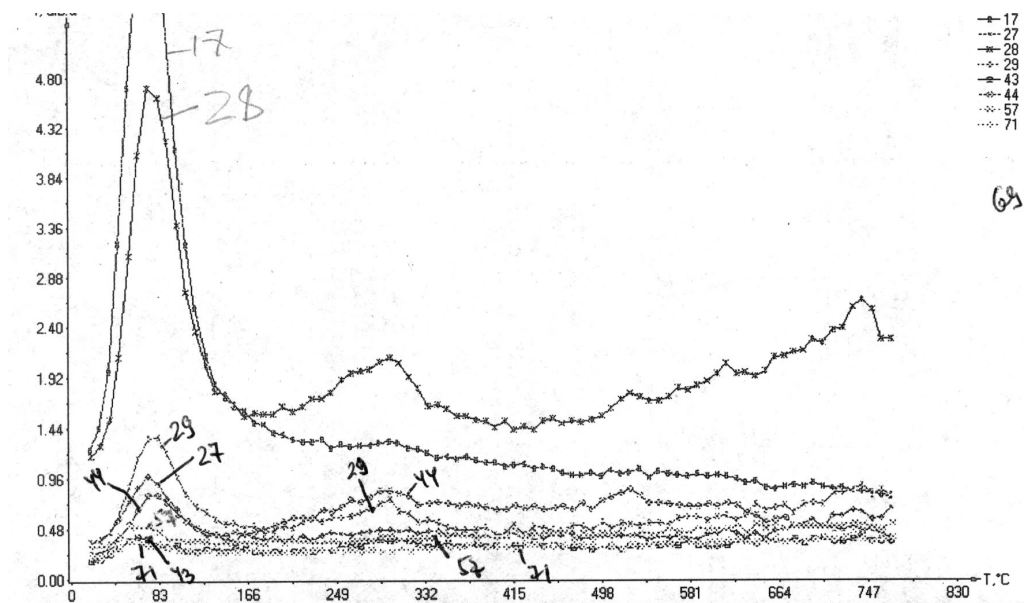


Рис. 10. Термічна десорбція летких продуктів термічних перетворень органічних молекул з поверхні синтетичного цеоліту

Це можуть бути карбонати або гідрокарбонати лужних металів, температура розкладу яких значно менша, ніж карбонатів лужно-земельних металів. На користь даного припущення можна привести той факт, що ці піки зникають з

термомаспектру при обробці мінералів гострою водяною парою або високотемпературними парами CO₂ (рис. 11), які використовуються для регенерації цеолітів. Тобто відбувається розчинення таких добре розчинних домішок та видалення їх з дисперсії цеолітів в процесі регенерації. До речі, піки з $m/z = 28$ та 44 проявляються також і в ТМС шаруватих алюмосилікатів в області температур біля 250 °С (рис. 6). Не виключено, що такі ж домішки присутні і в дисперсіях природних глинистих мінералів.

I, arb.u

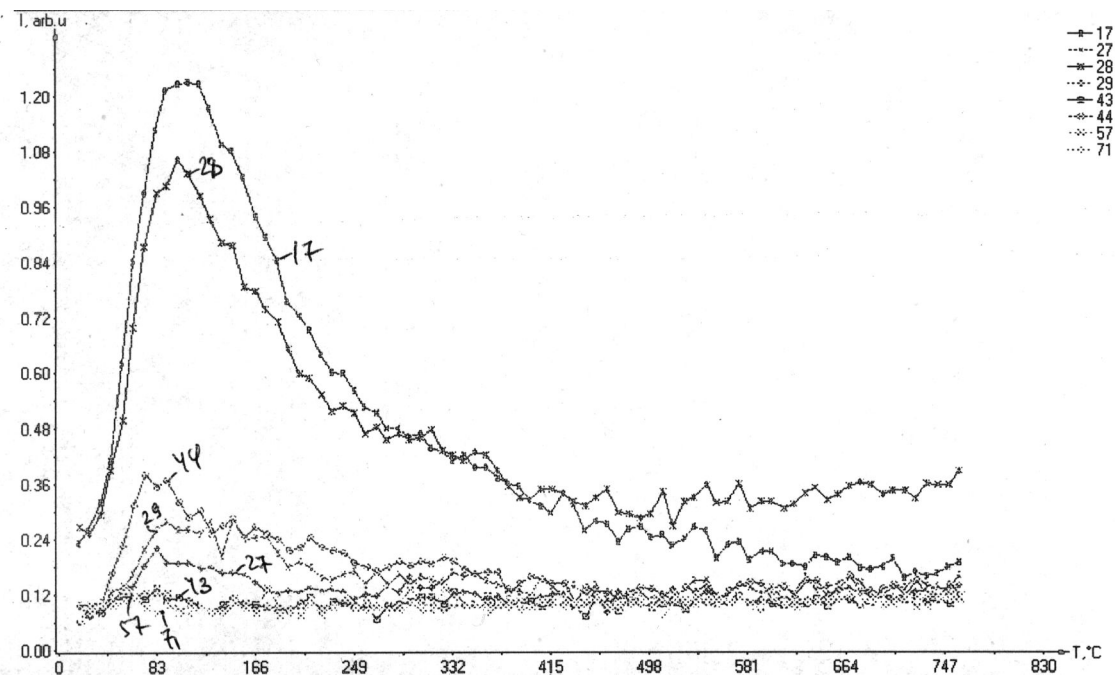


Рис. 11. Термомаспектрограми морденіту після регенерації водяною парою

Присутність піків фрагментів молекул органічних речовин в десорбованій фазі ТМС цеолітів на відміну від шаруватих алюмосилікатів знаходиться на рівні чутливості приладу. Незначна проява фрагментів цих речовин у природного цеоліту (рис. 9) пов'язана з адсорбцією молекул органічних речовин з оточуючого середовища на зовнішній поверхні кристалів мінералу, яка відносно мала. Для синтетичного цеоліту ці фрагменти зовсім не проявляються в спектрах ТМС.

Таким чином, цеоліти активно поглинають з оточуючого середовища воду та вуглекислий газ в адсорбційних порожнинах, які видаляються з мінералів при нагріванні їх до 100 – 150 °С. Окрім цього в дисперсії цеолітів виявлено

присутність домішкових карбонатів, які розкладаються при обробці мінералів при температурі близько 250 °С або вимиваються з дисперсії перегрітою парою води або вуглекислого газу. Ці особливості треба враховувати при підготовці цеолітів до використання їх у промисловості.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Р. Грим* Минералогия и практическое использование глин / Грим Р.– М.: Мир, 1967. – 512 с.
2. *Ф.Д. Овчаренко* Гидрофильность глин и глинистых минералов / *Овчаренко Ф.Д.* – К.: Изд-во АН УРСР, 1961. 291 с.
3. *Манк В.В.* Дослідні випробовування адсорбційного способу очистки соняшникової олії глинистими мінералами / *В.В. Манк, І.І. Марцін, В.А. Пістолькорс, Б.А. Дехтерман, Л.В. Фіолковська* // Харчова промисловість. – 1996. – С. 18 – 20.
4. *Манк В.В.* Природные дисперсные минералы в сахарной технологи / *В.В.Манк, М.П.Купчик, Е.П.Лукияник, Н.А.Стеценко* // Сахар/ – 1999. – № 3. – С. 23 – 24.
5. *Манк В.В.* Использование природных минералов для адсорбционной очистки водно-спиртовых растворов / *В.В.Манк, Л.Н. Мельник* // Производство спирта и ликероводочных изделий. – 2005. – № 1. – С. 27 – 29.
6. *Мельник Л.М.* Зневоднення водно-спиртових розчинів цеолітами / *Л.М. Мельник, В.В. Манк, Н.О. Стеценко* / Укр.хім.ж. — 2004. – т. 70, N 12. — С. 91 – 94.
7. *V.A. Pokrovskiy* Temperature-programmed mass spectrometry biomolecules in surface chemistry studies / *V.A. Pokrovskiy* // Rapid Communications in Mass Spectrometry. — 1995. – v. 9. – p. 588 – 591.
8. *Тарасевич Ю.И.* Адсорбция на глинистых минералах / *Ю.И. Тарасевич, Ф.Д. Овчаренко.* – Киев.: Наукова думка, 1975. – 351 с.

9. H. Sato Which carbon oxide is more soluble? Ab initio study on carbon monoxide and dioxide in aqueous solution / H. Sato, N. Matubayasi, M. Nakahara and F. Hirata // *Chem. Phys. Lett.* 323. — 2000. — p.257 – 262.

10. G.K. Anderson Enthalpy of dissociation and hydration number of carbon dioxide hydrate from the Clapeyron equation / G.K. Anderson // *J. Chem. Thermodynamics.* -2003. -№ 35. — p.1171 – 1183.

Одержана редколлегією 19.09.2011 р.

В.В. Манк, Л.Н. Мельник,

ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕСОРБИРОВАННОЙ ФАЗЫ ПРИРОДНЫХ ДИСПЕРСНЫХ МИНЕРАЛОВ ТЕРМИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

Исследованы десорбированные фазы природных дисперсных минералов, полученных термическими методами. Установлено, что молекулы воды и углекислого газа в процессе адсорбции образуют разные по прочности связи с поверхностными активными центрами минералов и удаляются из минералов в разных температурных диапазонах.

Ключевые слова: десорбированная фаза, природные дисперсные минералы, масспектроскопия, палигорскит, гидрослюда, цеолиты.

V. Mank, L. Melnyk,

RESEARCH OF THE DESORBED PHASE OF NATURAL DISPERSIBLE MINERALS BY THERMAL METHODS

Desorbed phases of natural dispersed minerals, received through thermal methods, have been researched. The authors have concluded that molecules of water and of carbon gas during the adsorption process create different by solidity bonds with surface active centers of minerals and are removed from minerals within different temperature diapasons.

Key words: desorption phase, natural dispersed minerals, mass spectroscopy, paligorskit, hydromica, zeolites.

