

10. Герасимов, Н. Г. Технический справочник по обработке воды [Текст]: в 2 т. / ред. Н. Г. Герасимов и др.; пер с фр. ООО "Новый журнал". – СПб.: Новый журнал, 2007. – Т. 1. – 1696 с.
11. Николадзе, Г. И. Обезжелезивание природных и оборотных вод [Текст] / Г. И. Николадзе. – М.: Стройиздат, 1978. – 160 с.
12. Седлуха, С. П. Очистка подземной воды от железа на напорных фильтрах [Текст] / С. П. Седлуха, С. А. Иванов, А. В. Рудак. – ПГУ, Новополоцк, 2013. – Режим доступа: \www/URL: <http://www.polymercon.ru/articles/839/>
13. Гончарук, В. В. Современные проблемы технологии подготовки питьевой воды [Текст] / В. В. Гончарук, Н. А. Клименко, Л. А. Савчина и др. // Химия и технология воды. – 2006. – Т. 28, № 1. – С. 3–95.
14. Запольский, А. К. Очистка воды коагулированием [Текст]: монография / А. К. Запольский. – Каменец-Подольский: ЧП «Медоборы-2006», 2011. – 296 с.

Досліджено фізико-хімічні властивості поверхні дисперсних карбонатів кальцію на прикладі осадових крейд різних вітчизняних родовищ в частині оцінки змочуваності полярними і неполярними рідинами, ступеню розвиненості останньої, її енергетичного стану, порової структури та адсорбційної здатності. Показана наявність певних зв'язків відмічених властивостей крейд з їх мінералогічним і хімічним складами

Ключові слова: карбонати кальцію, осадові крейди, питома поверхня, змочуваність рідинами, енергетичний стан, пористість, адсорбційна здатність

Исследованы физико-химические свойства поверхности дисперсных карбонатов кальция на примере осадочных мелов различных отечественных месторождений в части оценки смачиваемости полярными и неполярными жидкостями, степени развития последней, ее энергетического состояния, поровой структуры и адсорбционной способности. Показано наличие определенных связей отмеченных свойств мелов с их минералогическим и химическим составами

Ключевые слова: карбонаты кальция, осадочный мел, удельная поверхность, смачивание жидкостями, энергетическое состояние, пористость, адсорбционная способность

УДК 667.62

DOI: 10.15587/1729-4061.2015.47861

ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПОВЕРХНІ ОСАДОВИХ КРЕЙД ВІТЧИЗНЯНИХ РОДОВИЩ

Д. І. Аршинніков*

E-mail: igorlkm@ukr.net

В. А. Свідерський

Доктор технічних наук,
професор, завідувач кафедри*

E-mail: xtum@Dkpi.ua

*Кафедра хімічної

технології композиційних матеріалів

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут"

пр. Перемоги, 37, м. Київ, Україна, 03056

1. Вступ

Наявність в складі природної осадової крейди модифікацій карбонату кальцію може по-різному впливати на фізико-хімічні властивості їх поверхні. Крім того, не встановлено при цьому впливу таких факторів, як питома поверхня, характер порової структури, адсорбційна здатність. Тому з метою визначення ефективних областей застосування природної крейди доцільне детальне дослідження фізико-хімічних властивостей її поверхні з врахуванням особливостей різних родовищ України.

2. Аналіз літературних даних і постановка проблеми

Карбонати кальцію знаходять широке застосування в різних галузях промисловості, в т. ч. і в якості інгредієнтів оздоблювальних матеріалів різноманітного

функціонального спрямування. Так, в країнах ЄС їх різновиди у формі дисперсного мармуру і аморфної крейди складають 80–90 % об'єму всіх використовуваних наповнювачів в складі водно-дисперсійних фарб. Близько 55 % всієї тонкодисперсної осадової крейди в Україні використовується для наповнення пластичних мас [1].

Такі значні об'єми застосування вказаних матеріалів визначаються цілою низкою позитивних фізико-хімічних, технологічних і експлуатаційних властивостей. Це низька твердість (1 бал за шкалою Мооса), екологічна безпечність, відсутність запаху, стабільність хімічного складу, висока світлостійкість, висока дисперсність, легкість розподілу частинок наповнювача в більшості полімерів, здатність зменшувати усадку при формуванні внутрішньої напруги в покриттях та запобігати розтріскуванню останніх в процесі експлуатації. Карбонатним наповнювачам властива здатність проявляти антикорозійну дію і стабільність перерахо-

ваних властивостей в широкому інтервалі температур [2]. Слід відмітити і наявність практично необмежених запасів карбонатної сировини для їх виробництва та відносно просту технологію переробки [3].

В свою чергу властивості карбонатів кальцію в значній мірі визначаються їх мінералогічним складом. У природі CaCO_3 переважно складається з мінералу кальциту (гексагональна сингонія, стійка аж до температури плавлення). Зустрічаються також ромбічна (арагоніт) та несправжня гексагональна модифікації, які відповідно при температурах 327–427 і 567 °С переходять в кальцит. Особливої уваги заслуговує доломітозований кальцит.

В тригонально-ромбічній кристалічній ґратці доломітів половина іонів Ca^{2+} заміщена іонами Mg^{2+} . Їх властивості і кальцитів суттєво співпадають, але доломіти дещо твердіші і менш чутливі до кислот. Енергія кристалічної ґратки доломіту, розрахована за допомогою закону Гессе по циклу Борна – Габера, в 2 рази більша в порівнянні з кальцитом і арагонітом, що забезпечує його твердість і щільність [4].

За розподілом зв'язків Са–О кальцит і арагоніт значно відрізняються. Більш висока густина і твердість останнього забезпечується гексагональним пакуванням атомів, але розташування групи CO_3^{2-} відносно атомів кальцію робить його менш стійким до хімічного і термічного впливів, в порівнянні з кальцитом.

Природний карбонат кальцію (англ. Ground Calcium Carbonate – GCC) поділяється на три види: природна крейда, вапняк і кальцит. Стосовно походження слід відмітити, що основна частина крейди складається із залишків мікроорганізмів кокколів, секретійних раковин форамініфер та незначної кількості залишків радіолярій. Мінералогічний їх склад переважно представлений кальцитом і арагонітом [5].

Наявність в складі природної осадової крейди відмічених модифікацій карбонату кальцію може по-різному впливати на фізико-хімічні властивості їх поверхні. Крім того, не встановлено при цьому ступінь впливу таких факторів, як питома поверхня, характер порової структури, адсорбційна здатність. Тому з метою визначення ефективних областей застосування природної крейди доцільне детальне дослідження фізико-хімічних властивостей її поверхні з врахуванням особливостей різних родовищ України.

3. Мета і завдання дослідження

Метою роботи є дослідження фізико-хімічних властивостей природних карбонатів і виявлення визначальних факторів.

Для досягнення поставленої мети були поставлені наступні завдання:

– здійснити кількісну оцінку (за даними ІЧ-спектроскопії) вмісту адсорбованої води та органічних речовин в складі природних карбонатів;

– оцінити роль адсорбованої води на процеси змочування карбонатів, енергетичний стан та адсорбційну здатність поверхні карбонатів;

– визначити роль питомої поверхні та пористої структури карбонатів кальцію на їх фізико-хімічні властивості в частині адсорбційної активності.

4. Експериментальні методики дослідження фізико-хімічних властивостей карбонатів кальцію

В якості об'єктів дослідження було вибрано осадову крейду різних марок, родовищ і виробників України. Це МГД, ММС-1, ММС-2, гідрофобна (Суми-агропромбуд), ММС-1 (Новгород-Сіверський завод будматеріалів), АСФ-5Н (АПП «Надра» м. Слов'янськ), ММС-2 (Слов'янський крейдино-вапняковий завод), ММС-1, ММС-2, ММ, КН-5 (Волчяровський крейдиний кар'єр), наповнювач для норпластів (Слов'янська індустріальна спілка СІС «Сода» м. Слов'янськ).

Порівняльна оцінка фізико-хімічних властивостей перерахованих матеріалів здійснювалась на фоні хімічно осажденої крейди (ХОК, ТОВ «Реактив» м. Слов'янськ) та турецьких кальцитів фірми Normcal.

Питома поверхня дисперсних карбонатів оцінювалась з врахуванням геометрії і розмірів їх часток по опору проникнення повітря, за БЕТ-кількістю адсорбованої пари води при відносній вологості 15 об. % і по змочуваністю при натіканні водою і ксилолом [6]. З використанням останнього методу визначались також коефіцієнт фільтрації і власне змочуваність полярною і неполярною рідинами. Пористість карбонатних матеріалів досліджували із застосуванням води і ксилолу [7].

Енергетичний стан їх поверхні оцінювали за краєвими кутами змочування водою та умовним тангенсом кута діелектричних втрат [8], а адсорбційна здатність – по вологопоглинанню, адсорбції води і олієємності [9].

ІЧ-спектри карбонатів досліджувались із застосуванням спектрально-чистого КВЧ на спектрофотометрі Avatar 370 FT-TR, а мікроструктура – електронно-го мікроскопа PEMM-106 [10].

5. Фізико-хімічні властивості поверхні карбонатів кальцію і суттєві фактори, що їх визначають

На фоні досить однорідного хімічного складу досліджуваних карбонатів їх фізико-хімічні властивості в значній мірі визначаються вмістом різних мінералів CaCO_3 та домішок і, як наслідок, питомою поверхнею, її енергетичним станом, пористістю, адсорбційною активністю тощо. Тому застосування незалежних методів аналізу в комплексі дозволяє об'єктивно оцінити рівень взаємозв'язку в ланці склад → структура → властивості.

За даними ІЧ-спектрального аналізу (положення та інтенсивність смуги поглинання в діапазоні 1420–1470 cm^{-1}) доломітозований кальцит переважає в складі кальцитів Nigcal і Normcal та вітчизняних крейд МГД (Суми-агропромбуд) і здолбунівської. Кальцит лідує у випадку волчяровської ММС-1 і слов'янської ММС-2. Для всіх інших осадових крейд, в тому числі і хімічно осажденої, чільне місце належить арагоніту.

В контексті особливостей мінерального складу досліджуваних карбонатів слід звернути увагу на параметри їх смуг поглинання, відповідальних за валентні коливання адсорбованої води (3422–3440 cm^{-1}) та зв'язків С–Н (2852–2982 cm^{-1}) (рис. 1, табл. 1). Мінімальні значення відношення інтенсивностей (J_0/J) для першої групи на рівні 0,08–0,09 зафіксовані для імпортованих кальцитів.

Таблиця 1

Параметри смуг поглинання карбонатів кальцію в діапазоні 2850–3645 cm^{-1}

Матеріал	Частота смуги поглинання, cm^{-1}	Відношення інтенсивностей смуг поглинання J_0/J
Nigcal 20	3433,3	0,08
	2982,1	0,23
	2873,7	0,37
Normcal 20	3440,6	0,09
	2981,7	0,22
	2873,4	0,24
Normcal 2	3431,0	0,08
	2966,2	0,06
	2873,0	0,10
Волчяровський ММС-1	3427,1	0,33
	2982,1	0,12
	2921,2	0,09
	2873,9	0,19
Волчяровський КН-5	3427,7	0,24
	2982,3	0,10
	2921,4	0,09
	2874,0	0,18
Новгород-Сіверський ММС-1	3423,2	0,12
	2982,1	0,10
	2921,8	0,09
	2873,9	0,16
Суміагропромбуд МГД	3493,2	0,21
	2982,2	0,11
	2917,1	0,09
	2873,8	0,18
Суміагропромбуд ММС-1	3427,2	0,24
	2982,1	0,12
	2921,0	0,10
	2873,9	0,19
Слов'янський ММС-2	3422,8	0,17
	2982,3	0,10
	2917,1	0,10
	2873,8	0,17
Хімічно осаджений ТОВ «Реактив»	3643,3	0,23
	3423,2	0,34
	2982,5	0,01
	2915,0	0,13
	2852,8	0,07

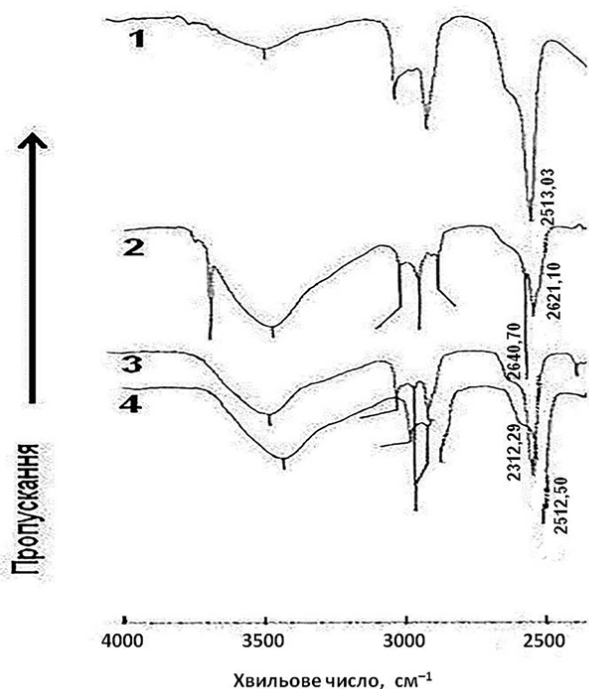


Рис. 1. ІЧ-спектри карбонатів: 1 – Nigcal 20; 2 – хімічно осаджена ТОВ «Реактив»; 3 – ММС-1 Новгород-Сіверського ЗБМ; 4 – ММС-1 Волчяровського крейдового кар'єру

Характерно, що в першому випадку в складі крейди переважний вміст арагоніту, а в другому – кальциту. При цьому слід відмітити для новгород-сіверської ММС-1 при наявності більшості арагоніту значення J_0/J складає 0,18.

За вмістом органічної складової (значення показника J_0/J смуг в діапазоні 2852–2983 cm^{-1}) в природних карбонатах чільне місце належить Nigcal 20 ($J_0/J=0,23-0,37$), тоді як для вітчизняних крейд відношення інтенсивностей складають 0,09–0,19 з мінімумом у ХОК (0,07–0,13) та новгород-сіверської ММС-1 (0,09–0,16). Тобто, концентрація органічних речовин в складі українських природних крейд суттєво не відрізняється для різних родовищ і знаходить на дещо вищому (~ в 1,5 рази) ніж у кальцитів марки Normcal 2.

Аналіз співвідношення органічної складової і адсорбованої води в складі досліджуваних карбонатів дозволяє констатувати вирішальний вплив останньої на їх змочуваність. Так, мінімальну змочуваність водою (0,50, крайовий кут – 35°) і ксилолом (0,48) зафіксовано для слов'янської ММС-2, яка містить мінімальну кількість адсорбованої води ($J_0/J=0,17$ при 3422,8 cm^{-1}) (табл. 2), а в її складі переважає кальцит.

Найкраща змочуваність при натіканні (0,24–0,30) спостерігається для хімічно осадженої крейди з максимальним вмістом H_2O ($J_0/J=0,34$ при 3423,2 cm^{-1}), а серед природних видів для волчяровської КН-5 та МГД Суміагропромбуд. Відносно мінералогічного складу слід відмітити, що в першому і другому випадках переважає арагоніт, а в останньому – доломітований кальцит.

Гідрофобізація осадової крейди може значно підвищити крайовий кут їх змочування водою (до 144–147°), зменшити вологопоглинання (до 1,49–0,65 мас. %) та умовний тангенс кута діелектричних втрат (0,0143–0,0150). В той же час волчяровська ММ має останній показник на рівні 0,0142.

Стосовно перерахованих параметрів слід відмітити, що для імпортованих кальцитів крайовий кут змочу-

вання складає 30° і знаходиться в межах його варіації для вітчизняних природних крейд. Їх умовний тангенс кута діелектричних втрат змінюється від 0,0466 (наповнювач для норпластів СІС «Сода») до 0,0142, а водопоглинання від 1,90 (новгород-сіверський ММС-1) до 0,83 мас. % (СІС «Сода»).

Наявність деяких розбіжностей при оцінці взаємодії дисперсних карбонатів з водою в різному агрегатному стані (рідина – за показниками крайового кута змочування і змочуваності при натіканні; пара – вологопоглинання, умовний тангенс кута діелектричних втрат) зумовлено, окрім відмінностей в мінералогічному складі, і різним ступенем розвитку питомої поверхні.

Оцінка останньої з використанням незалежних методів, враховуючих геометрію і розміри часток, кількість адсорбованої води для формування мономолекулярного шару та ступінь змочування показали наявність суттєвих відмінностей (табл. 3).

За ступенем опору прониканню повітря питома поверхня досліджуваних матеріалів складає від 0,14 (МТД) до 0,90 м²/г (КН-5, ХОК). По БЕТ її рівень досягає 1,72–3,30 м²/г, нівелюється різниця між крейдами Сумиагропромбуд та інших виробників. Normcal 20 за питомою поверхнею, визначеною цими методами, поступається практично всім вітчизняним крейдам.

Таблиця 2

Фізико-хімічні властивості поверхні дисперсних карбонатів

Виробник, марка	Крайовий кут змочування водою, град	Змочування при натіканні		Умовний тангенс кута діелектричних втрат	Вологопоглинання, мас. %
		вода	ксилол		
Сумиагропромбуд					
МТД	25	0,31	0,25	0,0264	0,98
ММС-1	24	0,46	0,41	0,0230	0,96
ММС-2	21	0,30	0,25	0,0225	0,99
гідрофобний	147	0,12	0,30	0,0143	0,49
Новгород-Сіверський завод будматеріалів					
ММС-1	30	0,33	0,30	0,0400	1,90
АПП «Надра»					
ACF-5Н	144	4,16	0,40	0,0150	0,65
Слов'янський крейдяно-вапняковий завод					
ММС-2	35	0,50	0,48	0,0307	0,88
Волчярівський крейдяний кар'єр					
ММС-1	26	0,33	0,29	0,0177	1,56
ММС-2	26	0,33	0,29	0,0354	1,34
ММ	29	0,35	0,33	0,0142	–
КН-5	24	0,31	0,26	0,0215	1,37
СІС «Сода»					
наповнювач для норпластів	27	0,31	0,28	0,0466	0,83
ТОВ «Реактив»					
ХОК	31	0,30	0,24	0,0350	1,70

Найбільш розвинена ефективна поверхня зафіксована при використанні методу змочуваності при натіканні. Вона складає 4,5–8,9 м²/г по воді і 5,2–9,7 м²/г

по ксилолу. Її мінімуми відмічені для крейди МТД, а максимуми – КН-5, що співпадає з даними за повітропропусканням і знаходиться на рівні ХОК. розбіжність при цьому не перевищує 50 %, тоді як для останніх вона досягає 450–700 відсотків. Існує також певна кореляція між рівнем ефективної питомої поверхні по воді (до рівня 7,4 м²/г деяких родовищ) і умовним тангенсом кута діелектричних втрат.

Таблиця 3

Питома поверхня дисперсних карбонатів (м²/г)

Виробник, марка	За повітропропусканням	По БЕТ (пара води, відносна вологість 15%)	Коефіцієнт розвиненості поверхні	По змочуваності при натіканні	
				вода	ксилол
Сумиагропромбуд					
МТД	0,14	2,10	15,00	4,5	5,2
ММС-1	0,21	2,70	12,86	7,3	8,6
ММС-2	0,23	2,62	11,39	7,4	8,8
гідрофобний	0,70	1,72	2,46	3,1	7,6
Новгород-Сіверський завод будматеріалів					
ММС-1	0,70	3,30	4,71	8,7	9,4
АПП «Надра»					
ACF-5Н	0,20	2,13	10,65	3,2	8,2
Слов'янський крейдяно-вапняковий завод					
ММС-2	0,59	1,92	3,25	7,8	8,2
Волчярівський крейдяний кар'єр					
ММС-1	0,58	2,15	3,71	7,6	8,4
ММС-2	0,87	3,30	3,79	8,8	9,5
ММ	0,45	2,25	5,00	6,8	7,3
КН-5	0,90	2,61	2,90	8,9	9,7
СІС «Сода»					
наповнювач для норпластів	0,63	1,87	2,97	7,1	7,9
ТОВ «Реактив»					
ХОК	0,90	2,10	–	8,9	9,7
Normcal 20	0,19	1,40	7,39	4,1	5,2

Окрім згаданих факторів, фізико-хімічні властивості поверхні дисперсних карбонатів кальцію в певній мірі визначаються і параметрами їх порової структури. Її кількісна оцінка з використанням води і ксилолу в статичних і динамічних (коефіцієнт фільтрації) за свідчила наявність значної диференціації. Так, мінімальний об'єм пор для досліджуваних природних матеріалів складає 15–18 % в залежності від виду рідини (МТД), а максимальний 27–28 % (КН-5). Хімічно осаждена крейда має цей показник на рівні 45–47 %. Значення відмінностей для всіх марок, за виключенням МТД, гідрофобної і ММ не зафіксовано (табл. 4).

Відносно коефіцієнту фільтрації, який тісно пов'язаний з міжчастковою пористістю, фіксуються максимальні значення по воді для МТД і ММС-1 (Сумиагропромбуд) для ксилолу (відповідно 6,61 і 2,25 × 10⁻⁶ см³/см²·с·Па). Мінімальні його значення за цими рідинами складають 0,34–0,42·10⁻⁶ см³/см²·с·Па. Крейда ТОВ «Реактив» характеризується значеннями ко-

ефіцієнту на рівні 0,40–0,32. Ефект гідрофобізації крейди найбільш відчутно проявляється відносно води тільки у випадку виробника Сумиагропромбуд.

Таблиця 4

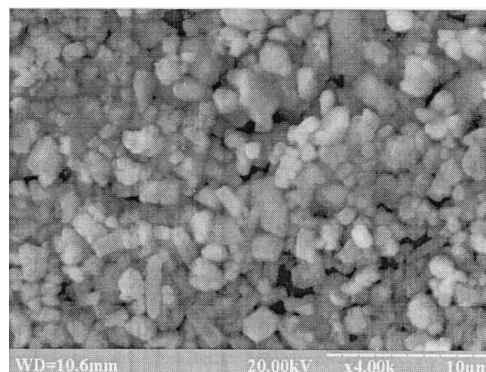
Пористість і адсорбційна здатність дисперсних карбонатів кальцію

Виробник, марка	Пористість, об. %		Коефіцієнт фільтрації см ³ /см ² ·с·Па·10 ⁶		Адсорбція води, г/г	Олієємність, г/100 г
	вода	ксилол	вода	ксилол		
Сумиагропромбуд						
МТД	13	15	6,61	0,55	0,96	22
ММС-1	22	24	4,40	2,25	0,95	22
ММС-2	22	24	5,27	0,44	1,00	23
гідрофобний	19	23	0,25	0,51	0,25	18
Новгород-Сіверський завод будматеріалів						
ММС-1	25	26	0,34	1,24	1,00	22
АПП «Надра»						
АСФ-5Н	21	24	1,06	1,20	0,25	18
Слов'янський крейдяно-вапняковий завод						
ММС-2	25	26	0,34	1,24	1,00	21
Волчяровський крейдяний кар'єр						
ММС-1	22	23	0,88	1,10	0,70	23
ММС-2	25	26	0,79	1,08	0,80	25
ММ	18	20	1,16	1,67	0,75	24
КН-5	27	28	0,41	0,42	0,90	24
СІС «Сода»						
наповнювач для нор-пластів	20	22	0,65	0,56	0,67	23
ТОВ «Реактив»						
ХОК	47	45	0,40	0,32	1,65	57

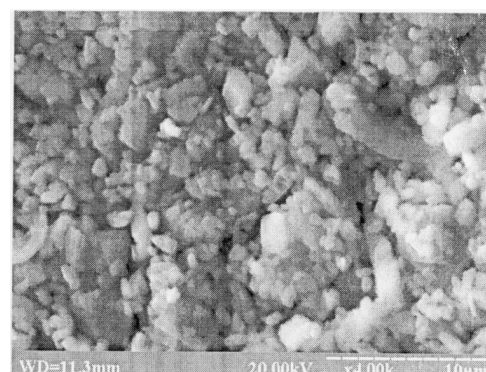
Підтверджено наявність відмінностей в характері порової структури досліджуваних карбонатів кальцію і методами електронної мікроскопії. Загальний аналіз мікроструктури при збільшенні в 1500–5000 разів показує, що частинки осадової крейди мають кубічну або форму паралелепіпеда із співвідношенням довжини до ширини від 1:1 до 1:2÷5. Неагрегованим частинкам властива форма близька до кубічної з розміром від 0,3 до 1 мкм (рис. 2, а–г).

Найбільш агрегованими є осадові крейди новгород-сіверська та ММС-1 і гідрофобна Сумиагропромбуд. Максимальна однорідність характерна для слов'янської та волчяровської (КН-5). Особлива структура спостерігається для ХОК та Normcal 20.

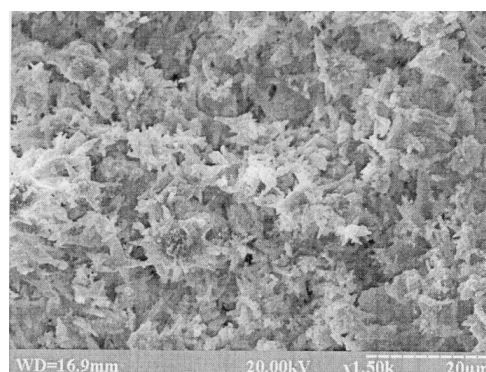
Поєднання розвиненої порової структури та високої ефективної питомої поверхні у випадку ХОК дозволяє забезпечити як максимальні адсорбцію води (до 1,65 г/г) так і олієємність (до 57 г/100 г) (табл. 4). Природні осадові крейди характеризуються показниками в діапазоні 0,67–1,00 г/г та 21–25 г/100 г відповідно. Їх гідрофобізація дозволяє суттєво зменшити тільки адсорбцію води (до рівня 0,25 г/г), олієємність Normcal 20 знаходиться на рівні модифікованих вітчизняних крейд.



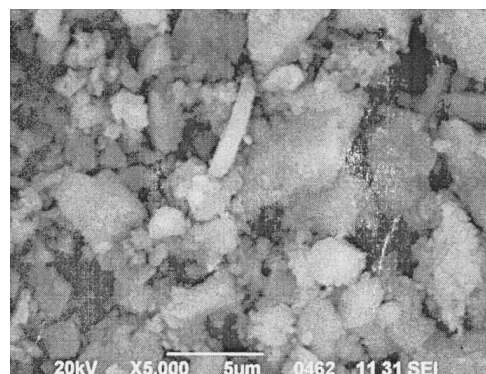
а



б



в



г

Рис. 2. Мікроструктура частинок карбонатів: а – волчяровська КН-5; б – ММС-1 Сумиагропромбуд; в – ХОК ТОВ «Реактив»; г – Normcal 20

Таким чином, отримана інформація відносно структури, питомої поверхні та її фізико-хімічних

властивостей природної крейди різних родовищ України дозволить забезпечити ефективне використання в складі оздоблювальних матеріалів різного функціонального призначення.

6. Висновки

1. Виконана кількісна оцінка (за відношенням інтенсивностей (J_0/J) характеристичних смуг поглинання ІЧ-спектрів) вмісту адсорбованої води та органічних речовин відповідно 0,08–0,24 та 0,03–0,37 в складі вітчизняних природних крейд у порівнянні з турецькими кальцитами. Відмічено наявність впливу мінералогічного складу карбонатів кальцію на кількість останніх (арагоніту, кальциту та доломітизованого кальциту, що характеризуються параметрами: напівширина смуги

при 1417–1456 cm^{-1} в межах 440–1047 cm^{-1} , а відношення інтенсивностей від 10,98 до 47,33).

2. Виявлено визначаючу роль кількості адсорбованої води на змочуваність досліджуваних карбонатних матеріалів. Представлена порівняльна кількісна оцінка їх змочуваності водою і ксилолом на рівні 0,30–0,67 та 0,24–0,41 відповідно, енергетичного стану поверхні та адсорбційної здатності по відношенню до води в стані пари (0,49–1,90 мас. %).

3. Оцінено вплив питомої поверхні різних видів крейди та характеру їх порової структури на фізико-хімічні властивості поверхні, в т. ч. адсорбцію води в рідкому стані в межах 0,25–1,65 г/г і олієємність (18–57 г/100 г). Показана доцільність гідрофобізації вітчизняних осадових крейд в частині керованої зміни експлуатаційних властивостей. Відмічено особливі адсорбційні властивості хімічно осажденої крейди.

Література

1. Бабаевский, П. Г. Наполнители для полимерных композиционных материалов [Текст] / П. Г. Бабаевский. – М.: Химия, 1981 – 736 с.
2. Брок, Т. Европейское руководство по лакокрасочным материалам и покрытиям [Текст] / Т. Брок, М. Гротеклаус, П. Миньке. – М.: Пэинт Медиа, 2004 – 548 с.
3. Кривенько, П. В. Будівельне матеріалознавство [Текст] / П. В. Кривенько, К. К. Пушкарьова, В. Б. Барановський, М. П. Безсмертний. – К.: Ліра – К, 2012. – 694 с.
4. Торопов, Н. А. Кристаллография и минералогия [Текст] / Н. А. Торопов, Л. Н. Булак. – Л.: Издательство литературы по строительству, 1972 – 502 с.
5. Кудеярова, Н. П. Меловые толщи Белгородской области: состав, структура и свойства [Текст] / Н. П. Кудеярова, В. В. Назарова, В. П. Рожков // Строительные материалы. – 2010. – № 8. – С. 55–57
6. Пашенко, А. А. Гидрофобный вспученный перлит [Текст] / А. А. Пашенко, М. Г. Воронков, А. Н. Крупа, В. А. Свицерский. – Киев: Наукова думка, 1977. – 204 с.
7. Свідерський, В. А. Фізико-хімічні властивості поверхні каолінів і каолінвмісних глин та їх водних дисперсій [Текст] / В. А. Свідерський, В. Г. Сальник, Л. П. Черняк. – Київ: Знання, 2012 – 168 с.
8. Вакула, В. Л. Физическая химия адгезии полимеров [Текст] / В. Л. Вакула, Л. М. Притыкин. – М.: Химия, 1984. – 221 с.
9. Пашенко, А. А. Кремнийорганические покрытия для защиты от биокоррозии [текст] / А. А. Пашенко, В. А. Свицерский. Киев: – Техніка, 1988. – 136 с.
10. Мережко, Н. В. Властивості та структура наповнених кремнійорганічних покриттів [Текст] / Н. В. Мережко. – Київ: Київ. держ. торг.-екон. ун-т, 2000. – 257 с.