DOI https://doi.org/10.30525/978-9934-26-212-8-16

ООЛІТОВІ ВАПНЯКИ – УНІКАЛЬНІ УТВОРЕННЯ МОРСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА

Тузяк Я. М.

ВСТУП

Оолітові вапняки – це група осадових порід, яка вирізняється серед інших: 1) своїм унікальним зовнішнім виглядом (сфероїди/ооїди), що є головною діагностичною ознакою або «візитною карткою» цих утворень (рис. 1); 2) специфічною будовою (рис. 2) – внутрішнє ядро і зовнішня оболонка; 3) особливим складом (переважно карбонатним), який є мінливим залежно від прояву ступеня діагенетичних перетворень; 4) один з літолого-фаціальних різновидів рифової еко-морфодинамічної системи, який сформувався в умовах фацій карбонатної платформи (шельфу). Крім того, це унікальні ідентифікатори седиментаційного середовища і є результатом прояву комплексу фізичних і біохімічних процесів; винятковий будівельний (природний декоративний) матеріал. Із блоків цієї породи зведені будівлі, пам'ятники й навіть цілі містечка, які є об'єктами Всесвітнього надбання[1].

Актуальність. На сучасному етапі ця група порід може бути об'єктом вивчення таких наукових напрямів, як седиментологія, літологія, нафтогазова геологія, палеонтологія, стратиграфія, геотуризм.

З позиції **седиментології** – це продукт поєднання і взаємодії фізичних й біохімічних процесів, параметрів і чинників басейнів, вивчення яких сприяє з'ясуванню й відтворенню середовищ та умов седиментації різних типів (категорій) ооїдів.

З позиції **літології** – це карбонатні утворення специфічної зовнішньої і внутрішньої будови, компонентним складом (каркас, матрикс, цемент, пори), діагенетичними перетвореннями, вивчення яких сприяє виділенню морфологічних ознак й елементів для створення систем класифікації, номенклатури і термінології цих порід та їх складових сфероїдів/ооїдів зі схемою опису, виділення порід-еталонів.

[1] Marker B. R. Bath Stone and Purbeck Stone : A comparison in terms of criteria for Global Heritage Stone Resource Designation. *Episodes* 38 (2). 2015. P. 118–123.

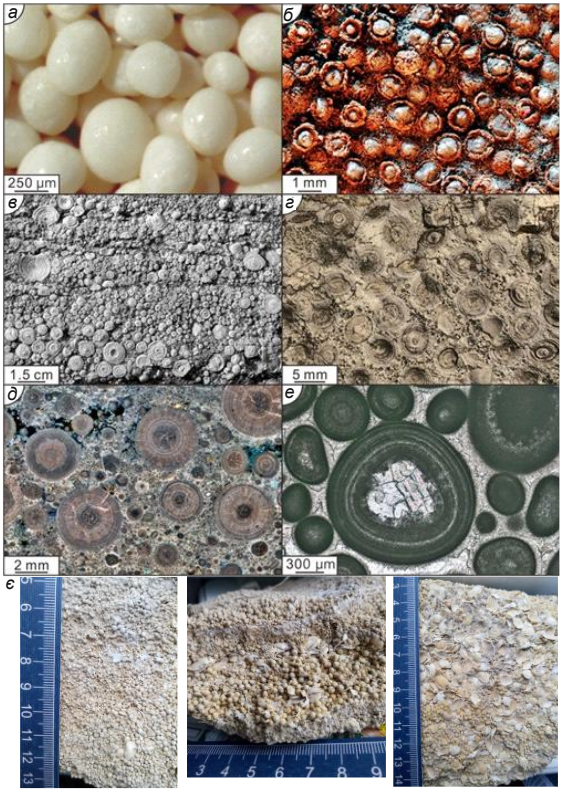

Рис. 1. Типи сфероїдів/оолітів різного віку, розмірів і ступеня сортування: *а* – типові багамські ооїди, Багамські острови, сучасні. Сортовані з шліфованими поверхнями від зіткнень зерен під час транспортування з середовищ утворення; *б* – добре відсортовані ооїди в архейському ооліті (2,72 млрд років тому), формація Тумбіана, Пілбара, Західна Австралія; *в* – поперечні перетини ооїдів Рогенштейна (тріас) у блоці, видобутому з кар'єру, описаного Брюкманом 1721 р., гігантські ооїди, погано сортовані, поперечні перетини з концентрично-ламінованою облямівкою (тріас, Барнеберг, Німеччина); *г* – погано сортовані ооїди, у шліфах – перетини ядра та облямівки з темними й світлими ламінами, простежено тенденцію до максимального діаметра ~ 4 мм (середній кембрій, Лонгмен, Китай); *д* – мікрофотографія шліфу типових тріасових рогенштайнових ооїдів, концентричні шари кегельструктур та відбитки шпіндельструктур. Хізеберг, Німеччина; *е* – шліф – поперечні перетини ооїдів (тріас, Лічуань, Китай), ядро, концентричні шари і діагенетична перекристалізація набуті пізніше; *є* – добре відсортовані ооїди (діаметром до 4–5 мм) в оолітовому вапняку, неоген, сармат, м. Ізяслав, Хмельницька обл., Україна

Будова сфероагрегатних карбонатних порід
компонентний склад

Каркас

зерна сфероїдної/оолітової форми – скелетні або безскелетні ядра з облямівкою або без неї, які й визначають назву породи – сфероїдний або оолітовий вапняк

Матрикс

– мікрит (мікрокристалічна карбонатна речовина (зерна, менше 4 мкм, темного забарвлення у прохідному світлі);
– вапнистий або карбонатний мул, розміром 62 мкм

Цемент

– кристали арагоніту або кальциту, різні за розміром і формою > 30 мкм,
– гіалін (аморфне вулканічне скло – прозора речовина у прохідному світлі)

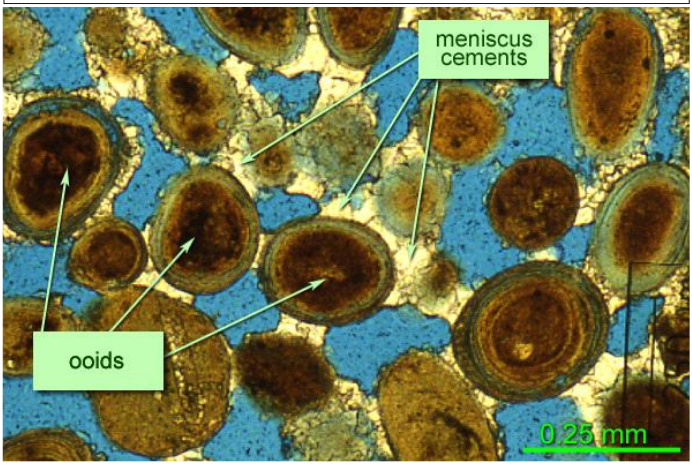

Рис. 2. Схема будови сфероїдної/оолітової карбонатної породи (компонентний склад: каркас – ооїди; матрикс – мікритні зерна, менше 4 мкм; менісковий цемент – матеріал між каркасом і матриксом)

З позиції **вуглеводневої геології** – унікальні резервуари (колектори карбонатного типу з комплексом показників і властивостей) для акумуляції й локалізації промислових покладів вуглеводнів. Сьогодні відомі родовища нафти і газу у кам'яновугільних (США), кембрійських, тріасових (Китай), юрських і крейдових (Європа, Індонезія, Ірак) та інших утвореннях.

З позиції **палеонтології** – це об'єкт, у якому рештки макро- і мікроорганізмів виконують породотворну роль як складові ядер сфероїдів/ооїдів і як детритовий матеріал у самій оолітовій породі (оолітово-детритовий або оолітово-органогенний вапняк).

З позиції **стратиграфії** їх можна розглядати як специфічні морфолітостратиграфічні підрозділи (Стратиграфічний кодекс України, 2012), оскільки є продуктами руйнування або/та утворення рифових систем і представляють особливі літолого-фаціальні тіла. Органогенні масиви – сукупність породошаруватих систем (геологічних тіл), що об'єднані за літологічними, фаціально-морфологічними ознаками, які використовують як допоміжні місцеві стратони. Стратони значної потужності і поширення можуть картуватися як окремі одиниці і мати власні географічні назви.

Органогенні масиви (рифи, біогерми, біостроми) залягають серед стратифікованих порід у вигляді ізольованих лінзоподібних тіл або їх ланцюжків. Представлені масивними нешаруватими карбонатними породами або біогенними утвореннями. Межі різко діахронні. Потужність рифів може перевищувати потужність суміжних одновікових стратифікованих відкладів; біогерми і біостроми зазвичай малопотужні і входять до складу місцевих стратонів.

З позиції **палеогеографії** – це надійний індикатор для визначення кліматичної зональності й положення того чи іншого регіону у просторі і часі в геологічному минулому.

З позиції **геотуризму** – унікальний комплексний природний об'єкт (рис. 9), який має культурно-освітнє, науково-пізнавальне, природоохоронне і рекреаційне значення. Визначення критеріїв для розгляду їх як об'єктів геотуризму із наданням їм статусу місцевого, національного чи Всесвітнього надбання наведені в праці[2].

Об'єкт дослідження – типи сфероїдів/ооїдів (рис. 1) різного віку, складу, розмірів і ступеня сортування. Головна мета – вивчення різних категорій сфероїдів для з'ясування умов седиментації у морському середовищі й побудови універсальної моделі класифікації.

Для досягнення мети вирішено такі завдання:

1. Аналіз результатів досліджень сфероїдних/оолітових карбонатних порід у світовому масштабі для визначення їхнього наукового, прикладного й культурно-освітнього значення.

2. З'ясування науково-термінологічного визначення поняття «оолітовий вапняк» із зображенням (рис. 1) для візуальної діагностики у польових умовах.

[2] Marker B. R. Bath Stone and Purbeck Stone: A comparison in terms of criteria for Global Heritage Stone Resource Designation. *Episodes* 38(2). 2015. P. 118–123.

3. Аналіз зовнішньої будови (макрорівень) (рис. 2) і внутрішньої будови (мікрорівень) сфероїдів/ооїдів (рис. 3).

Морфологія сфероїдів/оолітів
Зовнішня форма, вигляд (макроструктура) сферична (куляста), субсферична (округла), еліпсоїдна, овальна. **Розміри** – від мікрометрів до 4–5 мм (окремі типи – десятки метрів). **Будова ооїда/сфероїда – двофазна – ядро і оболонка** **Ядро** (різної категорії, складу і розміру) (органічне, неорганічне, просте, складне) (див. класифікацію Е. Флюгеля). **Зовнішня оболонка** (карбонатна органічно-мінеральна – акреція шарів з суспензії (за участю процесів дифузії). **Мікроструктура облямівки** – тангенціальна, концентрично-радіальна, концентрична (ламінарна), перекристалізована (мікроспаритова).

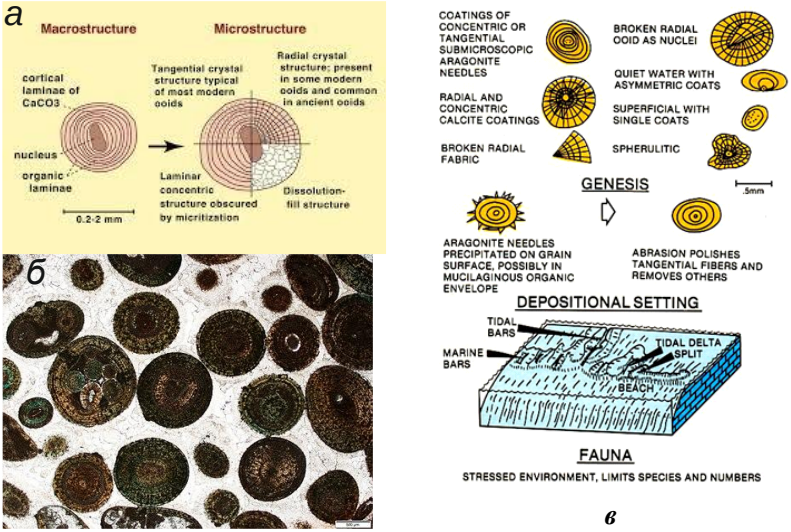

Рис. 3. Схематична будова ядра і облямівки ооїдів: *а* – схема морфології (макро- і мікроструктура ядра) сфероїда/ооїда; *б* – морфологія різних типів (категорій) сфероїдів/ооїдів; *в* – структура і типи облямівки сфероїдів/ооїдів і середовище осадження, за (SEPM Stratigraphy Web. Pisolites, Oncoids, and Oncolites)

4. Аналіз просторової моделі аквального середовища для визначення походження і локалізації різних типів сфероїдів/ооїдів (рис. 4).

5. З'ясування питання автохтонного/алохтонного походження.

6. З'ясування критеріїв й ознак сфероагрегатів для визначення номенклатури, класифікації й термінології цього типу порід.

Літературний огляд. Вивченню сфероагрегатних карбонатних порід присвячено чимало публікацій як вітчизняних, так і закордонних дослідників. У своїх працях науковці намагалися з'ясувати питання будови, походження, номенклатури, класифікації й термінології оолітів, процесів та умов утворення, чинників і параметрів середовищ седиментації. Однак з огляду на тривалу історію досліджень ці проблеми залишаються актуальними й сьогодні. До кінця не розкрито значення цих порід як об'єкта геотуризму. Кількість опублікованих праць із зазначеної тематики за змістом досліджень можна розділити на: 1) фундаментальні; 2) прикладні; 3) культурно-освітні. З огляду на майже 100-річну історію досліджень оолітів й оолітових порід (Фролов, 1992[3]; Хмелевський, Хмелевська, 2015[4]; Batchelor, etc., 2018[5]; Bathurst, 1975[6]; Burne, etc., 2012[7]; Dunham, 1962[8]; Flügel, 2004[9]; Folk, 1959[10]**;** 1962[11]**;** Sorby, 1879[12]; Shearman, etc., 1970[13]; Suess, Fütterer, 1972[14]) не

[3] Фролов В. Т. Литология: в 3-х кн. : учеб. пособие. Москва : Изд-во Моск. ун-та, 1992. 336 с.

[4] Хмелевський В. О., Хмелевська О. В. Літологія: Літогенез. Осадові породи : навч. посібник. Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2015. 536 с.

[5] Batchelor M. T., Burne R. V., Henry B. I., Li Fei, Paul J. A biofilm and organomineralisation model for the growth and limiting size of ooids. Scientific Reports. 2018. Vol. 8. No. 559. P. 1–9.

[6] Bathurst R. G. Carbonate sediments and their diagenesis. Developments in Sedimentology. Elsevier, 1975. Amsterdam. Vol. 12. 658 p.

[7] Burne R. V., Eade J. C., Paul J. The Natural History of Ooliths: Franz Ernst Brückmann's treatise of 1721 and its significance for the understanding of oolites. Hallesches Jb. Geowiss. 2012. Vol. 35. P. 93–114.

[8] Dunham R. J. Classification of carbonate Rocks according to depositional texture. In: Ham W. E. (ed.). Classification of carbonate Rocks. A Symposium: American Association of Petroleum Geologists. Memoir. 1. 1962. P. 108–121.

[9] Flügel E. Microfacies of Carbonate Rocks: Analysis, Interpretation and Application. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2004. XXXVIII. 976 p.

[10] Folk R. L. Practical petrographic classification of limestones: American Association of Petroleum Geologists Bulletin. 1959. Vol. 43. P. 1–38.

[11] Folk R. L. Spectral subdivision of limestone types: in Ham W.E. (ed.). Classification of carbonate Rocks. A Symposium: American Association of Petroleum Geologists. Memoir 1. 1962. P. 62–84.

[12] Sorby H. C. The structure and origin of limestones. *Proc. Geol. Soc*. London. 1879. Vol. 35. P. 56–94.

[13] Shearman D. J., Twyman J., Karimi M. Z. The genesis and diagenesis of oolites. Proceedings of the Geologists' Association. 1970. Vol. 81. P. 561–575.

[14] Suess E., Fütterer D. Aragonitic ooids: experimental precipitation from seawater in the presence of humic acid. Sedimentology. 1972. Vol. 19. P. 29–139.

створено єдиної універсальної класифікації, досі не сформульовано загальне уявлення щодо пояснення їхнього походження і не існує загальної назви для цього типу утворень. На сучасному етапі застосовують класифікації як до карбонатних порід, складених оолітами, так і до самих оолітів. Вони ґрунтуються на різних підходах, критеріях й ознаках, що своєю чергою зумовило значне різноманіття назв (термінів) як для порід, так і для їхніх складових.

Аналіз морфології сфероїдів/оолітів – макро- (будову, склад, форму, розмір зерен, які формують ядра) і мікроструктурні особливості (тип і характер оболонки) – сприяв визначенню категорії зерен і діагностуванню джерел походження ядер, умов та середовищ седиментації.

1. Науково-термінологічне визначення та діагностичні ознаки сфероагрегатів (сфероїдів/оолітів)

Дослідження осадового чохла земної кори сприяли виявленню значного поширення сфероїдних/оолітових вапняків у просторі і часі та визначенню їхнього зв'язку з рифовими системами (приурочені до конкретних морфологічних

елементів біогенної структури). Так, їхні аналоги відомі з докембрію до сьогодні і виявлені майже на теренах усіх континентів (рис. 1). Це не лише унікальний будівельний (природний декоративний) матеріал, а й резервуар для акумуляції й локалізації промислових покладів вуглеводнів.

Сучасний аналіз поширення у просторі визначив їхнє утворення в нормально-морських, солоних, гіперсолоних і прісноводних умовах; для окремих представників зазначені наземні середовища. Простежено сфероїди/ооїди комбінованого типу, які формувалися у перехідних умовах.

Походження назви. Ооїди або ооліти (від грец. ᾠόν – яйце і λίθος – камінь) – найбільш уживаний термін, який широко використовує світова геологічна спільнота (синоніми: ікряний камінь, яйцеподібний камінь, Портлендський камінь, Маямі ооліт, Hunts Bay Oolite, Shoofly Oolite, пізоліти та ін.) у науково-довідковій літературі.

Концентричні або тангенціальні ооїди походять зазвичай з високоенергетичних обстановок; радіальні або радіально-променисті (волокнисті) ооїди формуються від помірних до низькоенергетичних середовищ.

Добре збережені радіально-променисті (волокнисті) ламіни викопних ооїдів переважно розглядають як головні елементи, які не

були структурно змінені внаслідок трансформації високо-магнезіального кальциту у низько-магнезіальний кальцит. Мікритні ооїди могли бути генеровані випадковим ростом кристалів або появою ооїдів зі стертими первинними тангенціальними або радіальними мікроструктурами, зумовленими мікритизацією або перекристалізацією облямівки. У дужках наведено місця локалізації рідкісних ооїдів; зірочками позначено наземні зерна, які деякі автори назвали ооїдами, а в праці Е. Флюгеля (Flügel, 2004) розглянуто як окрему категорію зерен – пізоїди.

2. Просторова модель середовищ походження і локалізації різних категорій сфероїдів/ооїдів (скелетні зерна)

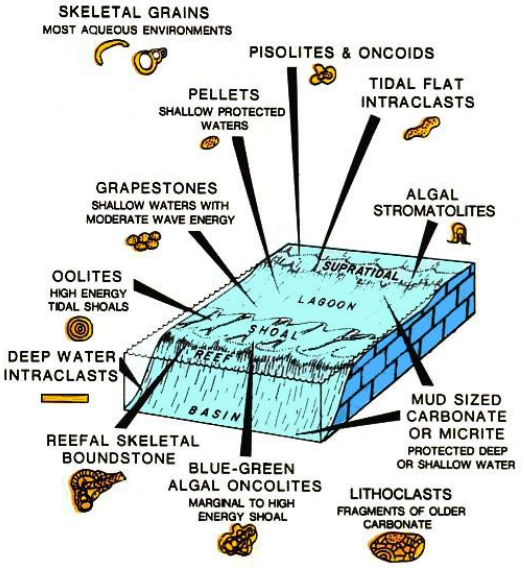

Рис. 4. Просторова модель походження і локалізації в аквальних середовищах різних типів (категорій) скелетних зерен, за (SEPM Stratigraphy Web. Pisolites, Oncoids, and Oncolites)

Легенда: пізоліти й онкоїди – супратідаль (зона припливів-відливів); інтракласти – припливна рівнина; водоростеві строматоліти – мілководна лагуна; пелітові карбонатні зерна або мікрити – лагуна (захищені глибоководні або мілководні зони); літокласти – фрагменти давніх карбонатів; синьо-зелені водорості (онколіти) – від помірного до високоенергетичного мілководдя; рифові скелетні боундстоуни; глибоководні інтракласти; ооліти – високо-енергетичні припливні відмілини; грейпстоуни – мілководдя з помірною енергією хвиль; пелети – малозахищені води

3. Залежність формування мікроструктури ооїдів від середовища седиментації

Мікро-структура	Мікроструктура облямівки	Мінералогія, приклади сучасних місць локалізації	Середовище утворення
Концентричні (тангенціальні) ооїди	Концентричні ламіни, складені тангенціально укладеними кристалами, довгі вісі яких орієнтовані паралельно поверхні пластин	Арагоніт: Багами, Юкатан, Абу-Дабі, Перська затока	Дуже мілководні, теплі низькоширотні моря; поширені у високоенергетичних обстановках
	Високо мікропористі	Велике Солоне озеро/Юта	Озерно-гіперсолоні
		Низько-магнезіальний кальцит: ооїди Чилі*	Наземні
Радіальні (радіально-променисті (волокнисті)) ооїди	Ламіни, складені радіально-укладеними кристалами; довгі вісі кристалів перпендикулярні до поверхні ламін	Арагоніт: Перська затока, Великий Бар'єрний Риф, (Юкатан, Акулова затока, Середземномор'я)	Морське мілководдя; поширені у низькоенергетичних обстановках
		Затока Акаба	Морські периферійні гіперсолоні водойми
		Велике Солоне озеро/Юта	Озерно-гіперсолоні
		Магнезіально-кальцитові: Затока Бафін/ Техас	Морські-гіперсолоні
		Кальцит і низько-магнезіальний кальцит: наприклад, печерні перли*	Не морські
Мікритні (випадкові) ооїди	Ламіни, складені випадковим укладенням (хаотично-орієнтованими) мікрокристалів, або ламіни, стерті або відсутні через повсюдну мікритизацію облямівки	Арагоніт: Багами	Морське мілководдя

Рис. 5. Головні типи облямівки (мікроструктури) ооїдів і їхні середовища утворення, за Flügel, 2004[15]

[15] Flügel E. Microfacies of Carbonate Rocks: Analysis, Interpretation and Application. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2004. XXXVIII. 976 p.

На рис. 6 зображені обстановки осадонакопичення і контролюючі чинники середовища формування ооїдів. На графік нанесені первинна мінералогія, гідродинамічний режим, солоність і середовище осадження типів (категорій) ооїдів, що характеризуються різними морфологічними особливостями і типами облямівок (мікроструктурою).

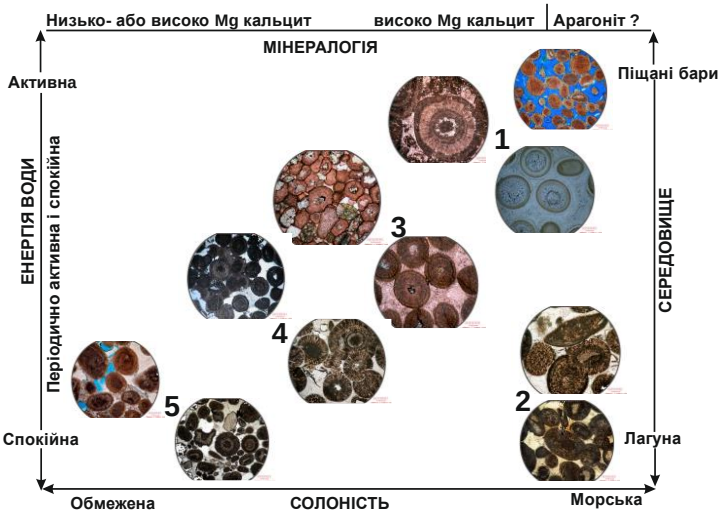

Рис. 6. Осадження різних типів ооїдів у середовищах седиментації

Нескелетні (мінеральні) зерна

Пелоїди:

- зерна субкруглої, сферичної й еліпсоподібної форми;
- складені мікритом;
- без чіткої внутрішньої структури;
- чорні через великий вміст органічної речовини;
- переважно у кластерах;
- 0,05–0,20 мм/50–200 мкм.

Пелети:

- невеликі (переважна довжина від 0,03 до 0,3 мм);
- сферичні до яйцеподібної форми зерна, складені мікритом;
- більшість пелетів не мають внутрішньої структури;
- однорідні за розміром і формою;
- пелети – це фекальні продукти безхребетних організмів.

Ці зерна локалізуються у захищених лагунах і неглибоких міжприпливних водоймах, середовищах з дещо нижчою енергією, ніж ті, де утворюються грейпстоуни і ботриїдні зерна. В таких умовах пелети зазвичай не зберігаються, але при зневодненні і ущільненні перетворюються в мікрит у зонах мілководного поховання. Внаслідок цементації в морських умовах пелети можуть зберігатися. Це зазвичай відбувається на відкритих платформах з активною вітровою та водною діяльністю (пелети видуває вітер або вимивають потоки води).

Поняття пелоїд (McKee, Gutschick 1969)[16] – комплексний описовий термін для позначення полігенних зерен, складений мікрой криптокристалічним карбонатом, або пелоїди – це зерна, складені мікритним матеріалом, які можуть мати різне походження, з облямівкою або без неї.

На рис. 7 наведено типи пелоїдів та склад їхнього ядра. В окремих випадках ідентифікувати походження пелоїдів неможливо через погане збереження (біологічну деградацію або «мікритизацію» карбонатних зерен) первинної внутрішньої структури (рис. 8).

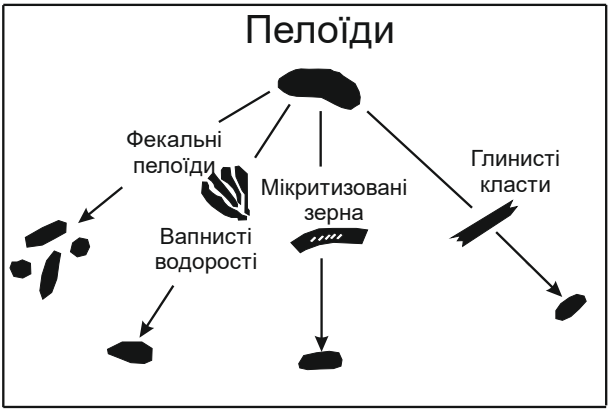

Рис. 7. Схема походження пелоїдів, за (SEPM Stratigraphy Web. Pisolites, Oncoids, and Oncolites)[17]

[16] Flügel E. Microfacies of Carbonate Rocks: Analysis, Interpretation and Application. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2004. XXXVIII. 976 p.

[17] SEPM Stratigraphy Web. Pisolites, Oncoids, and Oncolites. URL: http://www.sepmstrata.org/page.aspx?pageid=107

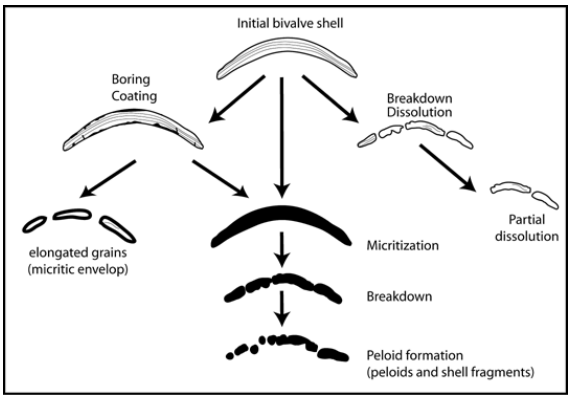

Рис. 8. Схема переходу скелетів двостулкових молюсків (процес мікритизації) у пелоїди, за (SEPM Stratigraphy Web. Pisolites, Oncoids, and Oncolites)[18]

Дрібнозернистий карбонатний осад мікрит може бути осаджений хімічним або біохімічним шляхом з морської води, отриманий внаслідок стирання раніше існуючих кальцієвих зерен, або утворюватися під час руйнування вапнистих зелених водоростей (рис. 9).

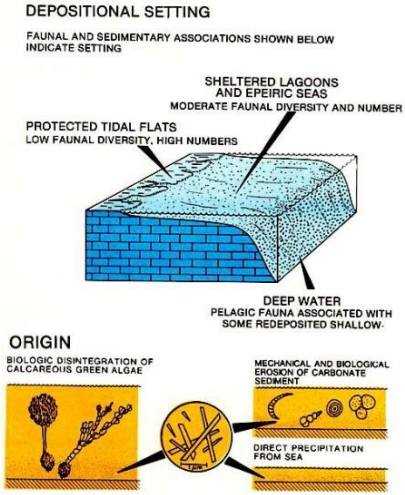

Рис. 9. Схема осадження мікритних зерен, за (SEPM Stratigraphy Web. Pisolites, Oncoids, and Oncolites)[19]

[18] SEPM Stratigraphy Web. Pisolites, Oncoids, and Oncolites. URL: http://www.sepmstrata.org/page.aspx?pageid=107

[19] Ibid/

Цей осад накопичується в різних умовах: у спокійних водах ізольованих лагун, нижче базису діяльності хвиль, у більш глибоководних умовах і, навіть, усередині і в зонах, захищених водоростевими килимками. Якщо присутність мікриту використовують для інтерпретації параметрів осадження, то варто також брати до уваги його вертикальний зв'язок з іншими літологічними типами й аналіз органічних решток. Будь-яка інтерпретація ускладнюється наявністю цементів мікритного розміру, які можуть мати інший розподіл порівняно з дрібнозернистими відкладами. Мікритизація зруйнованих скелетних і нескелетних зерен, тобто перекристалізація раніше існуючої кристалічної тканини в мікритну, також до кінця не з'ясована. Це можна пояснити тим, що ці мікрозерна можуть мати різну природу походження – як органічну, так і фізичну чи хімічну (як фрагменти осадового мікриту) (табл. 1, рис. 10).

Таблиця 1

Походження і діагностичні критерії карбонатних пелоїдів, за Е. Флюгелем (Flügel, 2004)

Походження		Типи	Діагностичні критерії
1	2	3	4
Біотичне	Літифіковані органічні екскременти	Фекальні пелети	Округло-видовжені, стрижнеподібні або яйцеподібні темнозабарвлені мікритні зерна, інколи сферичні. Зазвичай гомогенні або з включеннями глинистої розмірності, інколи з визначенням внутрішньої структури. Розмір менше 0,01 до кількох мм. Деякі асоціації з структурами біотурбації.
	Абразивні продукти водоростей і мікробіалітів	Водоростеві пелоїди	Неправильної форми, округлі мікритні зерна з чіткою градацією від зерен з реліктовими водоростевими структурами до гомогенних зерен. Розміром від 0,2 до 2 мм.
	Зерна як результат діяльності організмів – свердління і розпушення	Біоерозійні пелоїди	Неправильні субокруглі і кутасті зерна. Розміром від 0,2 до 0,01 мм.
Перероблені мули і зерна	Синседиментаційні і післяседиментаційні перероблені карбонатні мули і мікрити	Мулисті пелоїди (літифіковані пелоїди)	Коливання форми мікритних зерен, зазвичай без внутрішніх структур. Різних розмірів, погано сортовані. Часто трапляються в окремих шарах або ламінах.
	Внутрішні мушельні мікрити (фрагменти стулок бівальвій)	Мушельні пелоїди	Яйцеподібні мікритні зерна, інколи з реліктами залишків нероз'єднаних стулок (остракоди, дрібні бівальвії).

Продовження таблиці 1

1	2	3	4
Змі-нені зерна	Ооїди й округлі скелетні зерна, чиї мікроструктури втрачені через мікритизацію	Багамітові пелоїди	Округлі мікритні зерна, деякі з реліктами первинних мікроструктур. Асоціації пелоїдів, агрегатні зерна і ооїди. Перехід мікритизованих біокластів у пелоїди того ж розміру. Більші за водоростеві пелоїди.
	Ооїди і скелетні зерна; мікроструктури зруйновані перекристалізацією	Пелетоїди	Мікрокристалічні зерна в місцях з невизначеним залишком внутрішніх структур. Дифузний контур через об'єднання й ущільнення.
Утворені in-situ	Біохімічне осадження, викликане мікробами і органічною речовиною	Мікробіальні пелоїди	Асоційовані округлі мікритні зерна з ламінами та згустками тканин. Розміром від 0,8 до 0,06 мм.
	Хімічне осадження карбонатних цементів з або без органічного контролю	Осадові пелоїди	Крихітні пелоїди з карбонатним цементом; складені у центрі хмароподібним мікритом, заокругленими чіткими зовнішніми ободками кристалів. Поява в осадах заповнених порожнин (наприклад, в рифах).

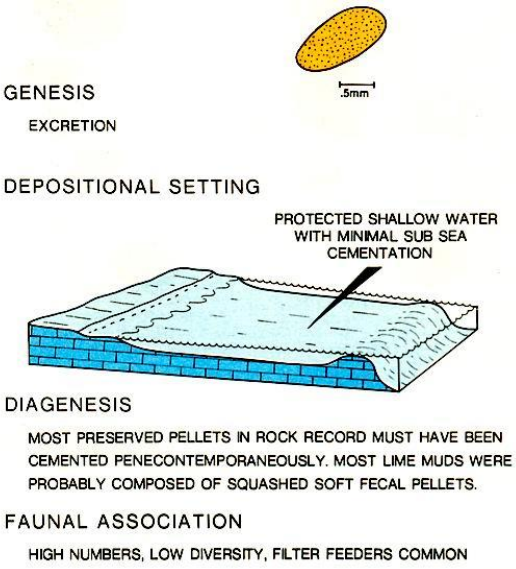

Рис. 10. Схема осадження пелетів, за (SEPM Stratigraphy Web. Pisolites, Oncoids, and Oncolites)[20]

[20] SEPM Stratigraphy Web. Pisolites, Oncoids, and Oncolites. URL: http://www.sepmstrata.org/page.aspx?pageid=107

4. Теоретично-класифікаційний аспект

До недавнього часу вважалося, що оолітові вапняки мають виключно хемогенне походження за участю фізичних (механічних) чинників, однак в останні роки експериментальним шляхом була доведена роль біотичних процесів[21]. І цю обставину також варто брати до уваги під час створення їхньої класифікації. Аналіз еволюції поглядів науковців щодо інтерпретації генези оолітів виявив: 1) механічне походження шляхом агрегації дрібнозернистих частинок навколо ядра перекочуванням по дну на м'якому субстраті[22]; 2) хімічне походження шляхом осадження з перенасиченого розчину навколо ядра[23]; 3) біохімічне походження, в якому мінеральне осадження є каталізатором розчиненої органічної речовини[24]; 4) біологічне походження шляхом органомінералізації поверхневої біоплівки[25]. На нашу думку, зважаючи на обставину, що ооліти чи оолітові вапняки здебільшого формуються в межах рифових систем (є продуктами руйнування й подальшого утворення), а рифові системи безперечно є результатом біо- і хемогенної діяльності, то безумовно у процесах генези цих порід наявна роль біологічних чинників. Термін пелоїд має лише описове значення, допоки у процесі дослідження шліфів не буде виявлено інформацію про генетичне походження.

На сучасному етапі за номенклатури, класифікації і термінології вапняків, складених сфероагрегатами (сферокластами, сфероїдами, оолітами), використовують комплекс ознак і чинників, у тім числі середовища і процеси осадження в межах сучасних басейнів з урахуванням фаціальних особливостей басейнів седиментації геологіч-

[21] Batchelor M. T., Burne R. V., Henry B. I., Li Fei, Paul J. A biofilm and organomineralisation model for the growth and limiting size of ooids. Scientific Reports. 2018. Vol. 8. No. 559. P. 1–9.

[22] Folk R. L. Spectral subdivision of limestone types: in Ham W. E. (ed.). Classification of carbonate Rocks. A Symposium: American Association of Petroleum Geologists. Memoir 1. 1962. P. 62–84.

[23] Batchelor M. T., Burne R. V., Henry B. I., Li Fei, Paul J. A biofilm and organomineralisation model for the growth and limiting size of ooids. Scientific Reports. 2018. Vol. 8. No. 559. P. 1–9.

[24] Suess E., Fütterer D. Aragonitic ooids: experimental precipitation from seawater in the presence of humic acid. Sedimentology. 1972. Vol. 19. P. 29–139.

[25] Shearman D. J., Twyman J., Karimi M. Z. The genesis and diagenesis of oolites. Proceedings of the Geologists' Association. 1970. Vol. 81. P. 561–575.

ного минулого. Крім того, не менш важливе значення відведено мікроскопічному вивченню оолітових вапняків, а саме мікрофаціальному аналізу. За первинним визначенням Brown, 1943[26] і незалежних досліджень Cuvillier, 1925[27] термін мікрофація охоплював лише петрографічні й палеонтологічні критерії, діагностовані у тонких перетинах (шліфах). Однак у наш час мікрофації розглядають як сукупність усіх седиментологічних і палеонтологічних особливостей, які можуть бути описані й класифіковані у тонких перетинах (шліфах), плівках, шліфованих зразках або зразках гірських порід[28]. Отже, завдяки детальному (мікроскопічному) вивченню карбонатних порід виявлено специфічну морфологію оолітів – наявність двофазної будови (ядра й оболонки), різну категорію зерен (склад, розмір, форма, походження), що виконують роль ядра, різні морфологічні особливості облямівки, а це своєю чергою зумовило створення класифікації на основі типів зерен (органічний/неорганічний) та їхніх асоціацій (пелоїди, різно облямовані ядра, агрегати зерен, класти), породило виникнення різноманіття назв (табл. 1, рис. 1, 2) і сприяло виділенню таких вапняків в окрему групу.

У своїй праці ми спробували з'ясувати питання термінології, номенклатури й класифікації окремої групи утворень зі специфічною будовою, речовинним складом й особливим зовнішнім виглядом – карбонатних порід, складених округлими, кулястими/сферичними, яйцеподібними (еліпсоподібними), горохо- чи бобоподібними формами. Для означення цих вапняків використовують такі науково-термінологічні поняття, як ооїди або ооліти (Batchelor, etc., 2018[29]; Burne, etc., 2012[30] та ін.), сфероагрегати (біосфероагрегати) (Фролов,

[26] Flügel E. Microfacies of Carbonate Rocks: Analysis, Interpretation and Application. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2004. XXXVIII. 976 p.

[27]Flügel E. Microfacies of Carbonate Rocks: Analysis, Interpretation and Application. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2004. XXXVIII. 976 p.

[28] Folk R. L. Practical petrographic classification of limestones: American Association of Petroleum Geologists Bulletin. 1959. Vol. 43. P. 1–38.

[29] Batchelor M. T., Burne R. V., Henry B. I., Li Fei, Paul J. A biofilm and organomineralisation model for the growth and limiting size of ooids. Scientific Reports. 2018. Vol. 8. No. 559. P. 1–9.

[30] Burne R. V., Eade J. C., Paul J. The Natural History of Ooliths: Franz Ernst Brückmann's treatise of 1721 and its significance for the understanding of oolites. Hallesches Jb. Geowiss. 2012. Vol. 35. P. 93–114.

1992)[31], allochem (Folk, 1959; 1962[32] та ін.). Останній термін, запропонований американським дослідником Р. Фолком, означає механічне осадження зерен, які здебільшого піддавалися транспортуванню (акумуляції). Поняття сфероагрегати виділене російським дослідником В. Фроловим і вжите українськими науковцями В. Хмелевським та ін. (Хмелевський, Хмелевська, 2015)[33]. В основу класифікації німецького дослідника Е. Флюгеля[34] покладений комплекс ознак, серед яких головне значення відведене категорії зерен, що виконують роль ядер у кульках або сферах, й будові облямівки. Однак ним не запропоновано загального науково-термінологічного поняття для цих утворень. Ооїди або ооліти – це найбільш поширена назва порід, яка надійно увійшла у вітчизняну і закордонну (науково-довідкову) геологічну літературу і сьогодні має чимало синонімів, зокрема, ікряний камінь, яйцеподібний камінь, Портлендський камінь, Маямі Ооліт, Hunts Bay Oolite, Shoofly Oolite, пізоліти та ін.).

У першому випадку Р. Фолк у своїй класифікації акцентує увагу на механізмі утворення і морфології порід (компонентному складі і структурно-текстурних особливостях). Подібних поглядів дотримується і Р. Данем (Dunham, 1962). Також автори взяли до уваги діагенетичні перетворення. Інші – перевагу надають типам (категоріям) оолітів – морфології агрегатів, складу, розміру, зовнішній формі, макро- і мікроструктурним особливостям), які є складовими цих порід. Російський дослідник В. Фролов запропонував термін сфероагрегати[35], який запозичили й українські науковці В. Хмелевський зі співавторами, під ним розуміють специфічні

[31] Фролов В. Т. Литология : в 3-х кн.: учеб. пособие. Москва : Изд-во Моск. ун-та, 1992. 336 с.

[32] Folk R. L. Spectral subdivision of limestone types: in Ham W. E. (ed.). Classification of carbonate Rocks. A Symposium: American Association of Petroleum Geologists. Memoir 1. 1962. P. 62–84.

[33] Хмелевський В. О., Хмелевська О. В. Літологія: Літогенез. Осадові породи : навч. посібник. Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2015. 536 с.

[34] Flügel E. Microfacies of Carbonate Rocks: Analysis, Interpretation and Application. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2004. XXXVIII. 976 p.

[35] Фролов В. Т. Литология : в 3-х кн. : учеб. пособие. Москва : изд-во Моск. ун-та, 1992. 336 с.

утворення сферичної форми, складені субстратом (речовиною) різного походження і складу. У праці німецького дослідника Е. Флюгеля (Flügel, 2004) такого терміна не знаходимо, однак автор акцентує увагу на морфології сферичних форм і на підставі цієї ознаки виділяє зерна (ядра) різних типів, від яких залежить номенклатура назв.

Тому водночас з використанням поняття сфероагрегати, який чітко визначає зовнішній вигляд порід, пропонуємо для вжитку терміни сферокласти та сфероїди, або залишити поняття ооліти, яким користується уся світова геологічна спільнота, а його значення чітко відображає зовнішній вигляд утворень. Нижче наводимо порівняння схем класифікацій і науково-термінологічних понять (табл. 2, рис. 11, 13), а також наукові підходи, використані дослідниками.

Таблиця 2

Порівняльна характеристика схем класифікацій сфероагрегатів/оолітів

Класифікація сфероагрегатів, за В. Фроловим (1992), В. Хмелевським (2015)	**Класифікація оолітів, за Е. Флюгелем (Flügel, 2004; 2010)**	
	Тип (категорія) зерна	**Назва (номенклатура) оолітів, сфероїдів, сферокластів**
Сфероагрегатні/ біосфероагрегатні *Оолітові*, *Пізолітові*, *Бобові*, *Сферолітові*, *Псевдоолітові*, *Вузлуваті* (*нодулярні*) *Грудкуваті*, *Конкреційні* та ін. – *Онколіти*, *Біоолітu*, *Копроліти* (*мікритової структури*)	Мікритні зерна Облямівні зерна Агрегатні зерна Фрагменти порід/літокласти Біотичні фрагменти	*Пелоїди, пелети* *Кортоїди, ооїди, онкоїди, пізоїди* *Грейпстоуни, ботроїдні згустки* *Інтра- й екстракласти* *Скелетні зерна*

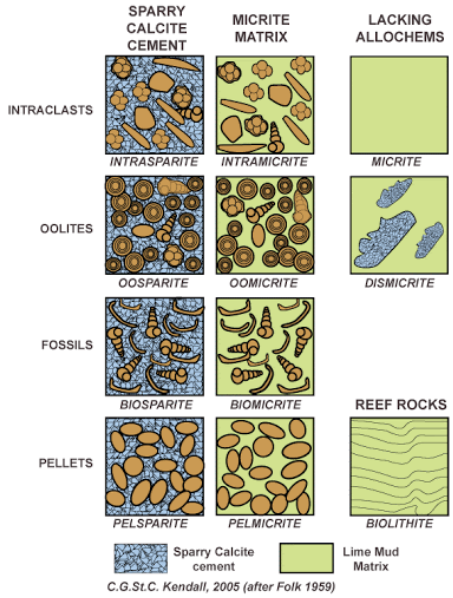

Рис. 11. Класифікація карбонатних порід (allochems), за (Folk, 1959, 1962)[36]

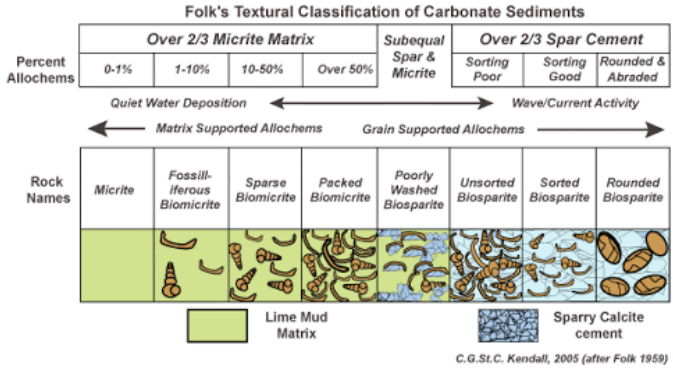

Рис. 12. Класифікація карбонатних порід (сфероагрегатів), за (Dunham, 1962)[37]

[36] Folk R. L. Spectral subdivision of limestone types: in Ham W. E. (ed.). Classification of carbonate Rocks. A Symposium : American Association of Petroleum Geologists. Memoir 1. 1962. P. 62–84.

[37] Dunham R. J. Classification of carbonate Rocks according to depositional texture. In: Ham W.E. (ed.). Classification of carbonate Rocks. A Symposium : American Association of Petroleum Geologists. Memoir. 1. 1962. P. 108–121.

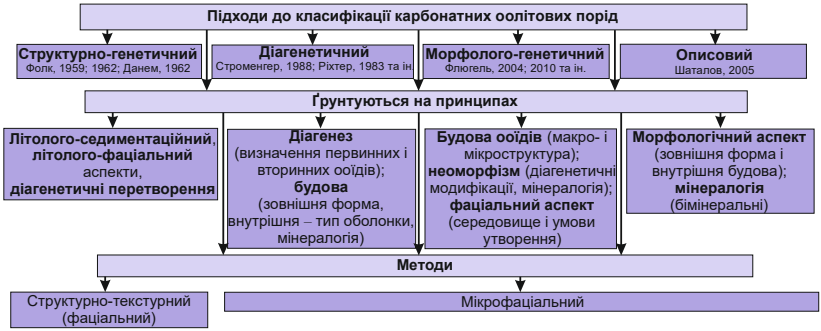

Рис. 13. Науково-теоретичні підходи до класифікації карбонатних сфероїдних порід

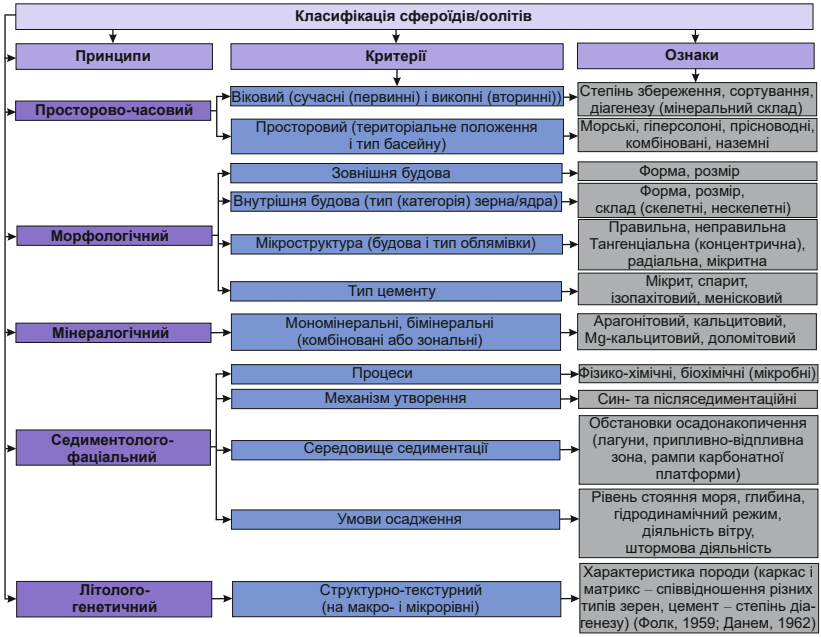

Рис. 14. Концептуально-теоретична модель класифікації сфероїдів/оолітів

ВИСНОВКИ

Отже, мікрофаціальний аналіз з чіткою діагностикою компонентного складу порід, категорій зерен, точних описів морфологічних особливостей їх макро- і мікроструктури, діагенетичних перетворень, доповнених середовищами й умовами утворення – це важливі аргументи у пошуку і визначенні науково-термінологічних понять, створенні класифікації і номенклатури для різних типів порід, складених сфероїдами/оолітами.

Типи ядер або категорії зерен – це продукти утворення (карбонати морських і неморських) палеосередовищ, які контролюються рядом чинників – інтенсивністю водної енергії (хвилеприбійної діяльності, типом середовищ седиментації); характером і диференціацією специфіки обстановок осадження і коливанням рівня моря. Вони створюють уявлення про глобальні варіації карбонатної мінералогії в океанах фанерозою. Зразки асоціацій зерен посідають важлине місце у реконструкції палеокліматичних зон та їх просторового положення. Зрілість складових компонентів вапняків (степінь наближення осаду до наступних кінцевих членів: синседиментаційних кластів, ооїдів, фосилій, пелоїдів, мікритів і теригенних мінералів) – це збільшення складності процесів та їх проявів у карбонатних відкладах (Flügel E., 2004)[38]. Зміна складу зерен відображає циклічне осадження й сприяє оцінці секвенс-стратиграфічних моделей. Типи зерен, мінералогія і просторові зміни у розподілі зерен є головними регуляторами розвитку пористості пластових порід.

На сучасному етапі номенклатура, термінологія й класифікація сфероїдів/оолітів потребує уточнення й деталізації з охопленням усієї сьогодні наявної інформації. Доцільним є виділення принципів, критеріїв, ознак, які містили б, за можливості (через відсутність еталонного матеріалу), усі макро- і мікроскопічні методи досліджень і методики опису з метою узгодження усіх параметрів і характеристик (термінології) сфероїдів/оолітів для визначення різних їх типів (номенклатура). Запропоновано концептуально-теоретичну модель класифікації сфероїдів/оолітів (рис. 14).

[38] Flügel E. Microfacies of Carbonate Rocks: Analysis, Interpretation and Application. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2004. XXXVIII. 976 p.

АНОТАЦІЯ

Оолітові вапняки – це унікальні утворення морського середовища і надійні індикатори його фізичних, хімічних й біотичних параметрів. Вивчення цих порід має наукове й прикладне значення. Перше полягає у з'ясуванні й уточненні умов утворення цих порід, з метою їх класифікації та детального опису. Друге – у використанні їх як ресурсу акумуляції, локалізації і видобутку корисних копалин та побудові моделей осадових басейнів. Сучасні дослідження оолітових вапняків доповнюють і уточнюють моделі седиментації, запропоновані раніше. Сьогодні оолітові вапняки відомі на усіх континентах і виявлені у відкладах починаючи з докембрію до антропогену. Уперше на підставі аналізу вітчизняної і закордонної літератури розглянуто питання номенклатури, термінології і класифікації сфероагрегатних карбонатних утворень (сферокластів, сфероїдів, оолітів). Визначено наукові підходи, принципи, критерії й ознаки, покладені в основу класифікацій і науково-термінологічних понять як порід, так і їх складових сфероїдів. Наведено компонентний склад порід (каркас, матрикс, цемент) і морфологічні особливості сферокластів (макро- і мікроструктура). З'ясовано місця локалізації різних типів (категорій) ооїдів у седиментаційних середовищах. Розглянуто залежність формування мікроструктури ооїдів від середовища седиментації. Запропоновано концептуально-теоретичну модель класифікації сфероїдів з охопленням усієї сьогодні наявної інформації. Через відсутність еталонного матеріалу, узагальнено усі макро- і мікроскопічні особливості цього типу порід та методики опису з метою узгодження усіх параметрів і характеристик (термінології) сфероїдів/оолітів для визначення різних їх типів (номенклатура). Розроблена модель класифікації може бути використана як основа під час опису сфероагрегатних порід. Висвітлено актуальність вивчення цього типу утворень. Визначено, що вони можуть бути об'єктом дослідження таких наукових напрямів, як седиментологія, літологія, нафтогазова геологія, палеонтологія, стратиграфія, палеогеографія, геотуризм.

Література

1. Стратиграфічний кодекс України / відп. ред. П. Ф. Гожик. 2-е вид. Київ, 2012. 66 с.

2. Фролов В. Т. Литология : в 3-х кн. : учеб. пособие. Москва : изд-во Моск. ун-та, 1992. 336 с.

3. Хмелевський В. О., Хмелевська О. В. Літологія: Літогенез. Осадові породи: навч. Посібник. Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2015. 536 с.

4. Batchelor M. T., Burne R. V., Henry B. I., Li Fei, Paul J. A biofilm and organomineralisation model for the growth and limiting size of ooids. *Scientific Reports*. 2018. Vol. 8. No. 559. P. 1–9. DOI: 10.1038/s41598-017-18908-4

5. Bathurst R. G. Carbonate sediments and their diagenesis. *Developments in Sedimentology*. Elsevier, 1975. Amsterdam. Vol. 12. 658 p.

6. Burne R. V., Eade J. C., Paul J. The Natural History of Ooliths: Franz Ernst Brückmann's treatise of 1721 and its significance for the understanding of oolites. Hallesches Jb. Geowiss. 2012. Vol. 35. P. 93–114.

7. Dunham R. J. Classification of carbonate Rocks according to depositional texture. In: Ham W.E. (ed.). Classification of carbonate Rocks. *A Symposium: American Association of Petroleum Geologists*. Memoir. 1. 1962. P. 108–121.

8. Flügel E. Microfacies of Carbonate Rocks: Analysis, Interpretation and Application. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2004. XXXVIII. 976 p.

9. Folk R. L. Practical petrographic classification of limestones: American Association of Petroleum Geologists Bulletin. 1959. Vol. 43. P. 1–38.

10. Folk R. L. Spectral subdivision of limestone types: in Ham W.E. (ed.). Classification of carbonate Rocks. *A Symposium: American Association of Petroleum Geologists*. Memoir 1. 1962. P. 62–84.

11. Marker B.R. Bath Stone and Purbeck Stone: A comparison in terms of criteria for Global Heritage Stone Resource Designation. *Episodes* 38(2). 2015. P. 118–123.

12. SEPM Stratigraphy Web. Pisolites, Oncoids, and Oncolites. URL: http://www.sepmstrata.org/page.aspx?pageid=107

13. Sorby H. C. The structure and origin of limestones. *Proc. Geol. Soc*. London. 1879. Vol. 35. P. 56–94.

14. Shearman D. J., Twyman J., Karimi M. Z. The genesis and diagenesis of oolites. *Proceedings of the Geologists' Association*. 1970. Vol. 81. P. 561–575.

15. Suess E., Fütterer D. Aragonitic ooids: experimental precipitation from seawater in the presence of humic acid. *Sedimentology*. 1972. Vol. 19. P. 29–139.

Information about the author:
Tuzyak Yaryna Myroslavivna,
Candidate of Geological Sciences,
Head of the Paleontological Museum
Ivan Franko National University of Lviv
4, Hrushevskogo Str., Lviv, 79005, Ukraine