

УДК 550.4+551.314

**ФАЦІАЛЬНИЙ ТА ФІЗИКО-ХІМІЧНИЙ АНАЛІЗ УМОВ СЕДИМЕНТАЦІЇ
ГІПСУ В БАДЕНЬСЬКОМУ БАСЕЙНІ КАРПАТСЬКОГО РЕГІОНУ**

А. Побережський¹, Т. Перит², О. Петриченко¹

¹*Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України та
НАК "Нафтогаз України"; 79053 м. Львів, вул. Наукова, 3а*

E-mail: igggk@ah.ipm.lviv.ua

²*Польський геологічний інститут*

00-975 Польща, м. Варшава, вул. Раковецька, 4

E-mail: tperyt@pgi.waw.pl

Гіпсоносні відклади регіону досліджень розділяють на окремі фації, виникнення яких було пов'язано з міграцією басейну в бік платформи під впливом формування Карпат. Евапоритовий басейн мав континентально-морське походження із загальною мінералізацією вод до 60–70 г/л. Гіпс кристалізувався внаслідок їхнього випаровування та сезонного зниження температури; загальна інтенсивність його седиментації становила 2,5–3,0 мм на рік.

Ключові слова: Карпати, баденій, гіпс, фації, седиментація.

Масштаби седиментації сульфату кальцію в міоценових евапоритових басейнах були значними в геологічній історії фанерозою. Зокрема, вважають, що друга половина міоцену є однією з п'яти грандіозних епох утворення гіпсових товщ за останні 550 млн. років; у цьому разі визначальну роль відігравали води океану Паратетис [1, 18]. На відміну від сульфатно-кальцієвих товщ усього фанерозою, які представлені винятково ангідритом, досліджувані товщі території колишнього Паратетису повністю зберегли всю різноманітність первинно-седиментаційних форм виділення гіпсу. Результати вивчення умов кристалізації цього мінералу можуть мати теоретичне та методичне значення для розшифрування особливостей сульфатно-кальцієвої седиментації в давніших (палеозойських та мезозойських) евапоритових басейнах.

Пропонований матеріал – це результати досліджень динаміки зростання гіпсу, швидкості та тривалості його нагромадження в басейнах з урахуванням фаціальних та геохімічних умов середовищ мінералоутворення [4, 5, 16]. Значний обсяг інформації отримано під час дослідження первинних рідких включень у мінералі.

Поширення і типи гіпсоносних фацій. Верхньобаденські гіпсоносні товщі Карпатського регіону поширені на площі близько 800×40 км у північно-східному передгір'ї. У межах території Польщі відклади належать до складу формацій Кжижановіце та Величка [7], в Україні – до тираської формації [13, 17]. Евапоритова сульфатна товща залягає на нижньобаденських відкладах, її потужність змінюється від перших до декількох десятків метрів. Епізодично у розрізі трапляються теригенні прошарки (аргіліти, глини), ангідритові породи та сірконосні вапняки.

Поширення гіпсоносних товщ у регіоні підпорядковане певним фаціальним закономірностям. Наприклад, седиментаційний гіпс утворює широку (10–50 км у Польщі та 100 км в Україні) північно-східну сульфатну зону в Передкарпатському прогині, яка змінюється ближче до Карпат гіпсо-ангідритовими відкладами з потужною (близько 100 м) товщею кам'яної солі [15]. У цілому вся баденська сульфатна товща розділена на нижню автохтонну та верхню алохтонну (кластичну) півтовщі. На території України верхня частина відома лише локально в тектонічних прогинах [15].

У межах автохтонної сульфатної товщі виділяють [15] три типи розрізів. Перший тип повністю складений строматолітовим гіпсом і є типовим для північно-східної крайньої периферії (шириною до 15 км) басейну. Другий тип гіпсового розрізу характерний для зони (шириною до 40 км), яка розташована ближче до центральної частини басейну. Цей розріз складений строматолітовим гіпсом у нижній частині та шаблеподібним у верхній. Третій тип розрізу трапляється лише на території Чехії та Польщі. Представлений він крупнокристалічним гіпсом у нижній частині розрізу та строматолітовим – у верхній; специфічна будова цього розрізу сприятлива для зіставлень відкладів на значних відстанях у межах однієї зони [10].

Кореляція між фаціальними зонами ґрунтується на наявності маркувальних прошарків серед первинного седиментаційного гіпсу. Типовий маркер має потужність від 20 до 40 см, складений хвилястими прошарками дрібнокристалічного гіпсу і поширений на більшій частині Передкарпатського прогину. Іншою важливою кореляційною ознакою є контакт між автохтонним і кластичним гіпсом, що відображає суттєву зміну в історії розвитку давнього басейну [14]. Кореляція між фаціальними зонами свідчить про одночасне утворення фацій крупнокристалічного і строматолітового гіпсу. Вважають, що прибережні фаціальні сульфатні асоціації утворювалися в умовах себхи [10] і що за весь період існування сульфатного евапоритового басейну було лише два визначальні збільшення концентрації вод [9, 12].

Не з'ясовані питання про співвідношення територій сульфатного та хлоридного осадоагромадження в регіоні, про можливі генетичні зв'язки між цими різними хомогенними утвореннями та відносний час їхньої седиментації [13, 17, 19]. Теоретично припускають, що гіпсові товщі відповідають винятково верхній частині евапоритового комплексу, виникнення якого було пов'язане з континентально-морським евапоритовим басейном наприкінці баденського часу [16].

На закономірності поширення в регіоні евапоритових фацій суттєво вплинули зародження та зростання Карпатської системи, які сприяли міграції басейну в бік платформи, перевідкладенню хомогенних осадів, виникненню лагун з різними фізико-хімічними умовами седиментації, посиленню ролі континентальних агентів у седиментації.

Фізико-хімічні умови седиментації. Евапоритовий басейн регіону досліджень розпочав існування з процесів хомогенної садки гіпсу, яка змінилася седиментацією галіту з розчинів морського походження [11]. Наступний період генетично пов'язаний винятково з континентально-морськими водами, випаровування яких і привело до утворення потужних гіпсоносних товщ [5], що стали головним об'єктом мінералого-геохімічних досліджень.

З'ясовано, що первинною седиментаційною формою кристалізації сульфату кальцію був гіпс, який зароджувався безпосередньо у водній товщі (дрібнозернистий гіпс) та на поверхні придонних осадів (крупнокристалічний гіпс) басейну.

Дрібнозернистий гіпс формувався спонтанно внаслідок різкого зниження температури поверхневих вод наприкінці осіннього сезону. Його зростання відбувалося лише під час опускання на дно басейну, про що свідчать мінімальний розмір зерен (від 0,2 до 0,7 мм), повна відсутність зональності та рідких і твердих включень. Ця модель узгоджується з експериментальними даними про зменшення (на 10–7 %) розчинності CaSO_4 у водних розчинах хлористого натрію в разі зміни температури від 40 до 15–10°C [2]. Підготовчий період до такої періодично-сезонної кристалізації гіпсу у водній товщі басейну охоплював процеси надходження нових порцій мінералізованих вод та їхнє випаровування. Залежно від потужності водної товщі (яка охолоджувалася) і перепаду температури на дні басейну накопичувалися мікрочасти дрібнозернистого гіпсу товщиною від 0,1 до 2–3 мм.

Ці дані стали основою теоретичних розрахунків про швидкість та циклічність випаровування поверхневих вод, час існування та глибину давнього басейну. Зокрема, розраховано, що для утворення мікрочасти товщиною 2 мм потрібна водна товща близько 15 м. Поступове зниження температури поверхневих розчинів приводило до одночасного й рівномірного виникнення зародків у водній товщі, про що свідчать відсутність шаруватості та площове поширення осадових мікрочастиць цього мінералу. Тривалість росту одного кристала гіпсу розміром до 1 мм контролювана часом осадження через водну товщу – це кілька десятків секунд.

Придонний крупнокристалічний гіпс зароджувався на поверхні осаду з пересичених сульфатом кальцію розчинів у разі (відносно) стабільних фізико-хімічних умов, які оцінювали за результатами вивчення сезонно-кліматичної зональності та первинних включень реліктових мінералоутворювальних розчинів у мінералі.

Виникнення зональності у придонному гіпсі було зумовлено перепадом умов його кристалізації протягом року. Загальна ширина окремої зони коливається від 50–100 до 900–1000 мкм і характеризує швидкість росту кристала за рік. Наприклад, кристалізація велетенських (розміром до 3 м [8]) індивідів цього мінералу тривала близько 5–6 тис. років. Зазвичай окрема зона візуально розділена на дві півзони, які виникли, відповідно, під час інтенсивного випаровування поверхневих вод у літньо-осінній період року та зимового охолодження басейну; їхнє співвідношення за шириною становить приблизно 2:1. Перша півзона переважно водянопрозора, без сторонніх включень. Для півзони, яка утворилася в холодний період існування басейну, типовим є велика кількість ксеногенних залишків різних організмів, теригенного матеріалу та включень мінералоутворювальних розчинів. Межа між окремими зонами чітка і визначена наявністю мікрочастиць (2–5 мкм) кальциту та пелітових частинок, що свідчить про тимчасове припинення росту мінералу між зимовим та літнім періодами. В периферійній частині окремих зон інколи трапляються великі (до 70–80 мкм) ізометричні рідинні включення; у багатьох випадках вони містять теригенний матеріал, залишки різних організмів та газову фазу. Розчини здебільшого мають загальну мінералізацію від 10 до 60 г/л і належать до сульфатно-натрієвого хімічного підтипу. Відносна низька мінералізація вод евапоритового басейну повністю узгоджується з численними кріометричними даними [3]. Хімічний склад розчинів максимальної мінералізації такий, г/л: NaCl – 30–40; Na_2SO_4 – 6–8; K_2SO_4 – 3–5; CaSO_4 – 4–6. Хімічний підтип та співвідношення між цими компонентами відповідають особливостям сучасних вод континентально-морських басейнів аридної зони Середньої Азії.

Постійна насиченість вод баденського басейну CaSO_4 сприяла інтенсивній седиментації гіпсу. З урахуванням даних потужностей (у середньому 2 мм) мікропрошарків дрібнозернистого гіпсу в осадах та швидкості росту (у середньому 0,6 мм за рік) придонного крупнокристалічного гіпсу логічно зробити висновок про те, що швидкість зростання загальної потужності осаду за рік у басейні становила приблизно 3 мм. Оскільки максимальна потужність гіпсових товщ наближається до 35–30 м [6], то можна сказати, що для її накопичення необхідно було всього 12–15 тис. років (у цьому випадку маємо на увазі загальний необхідний термін лише на процеси зародження та седиментацію гіпсу). Безперечно, ці процеси неодноразово переривалися на невизначений період, про що свідчать дані фаціального аналізу, відклади серед гіпсової товщі теригенних осадів та утворення маркувальних горизонтів.

Отже, визначальними моментами для хомогенної седиментації гіпсу в баденському евапоритовому басейні Карпатського регіону були:

- міграція басейну в бік платформи під впливом зростання Карпатської споруди;
- поступове зниження загальної мінералізації розчинів;
- зміна хімічного підтипу розчинів від сульфатно-магнієвого (морського) до сульфатно-натрієвого (континентально-морського);
- короткий (близько 1 %) термін розвитку процесу седиментації щодо тривалості всього пізньобаденського часу.

1. *Жарков М.А., Янишин А.Л.* Эволюция сульфатонакопления в геологической истории // Морская геология, седиментология, осадочная петрография и геология океана. М., 1980. С. 96–103.
2. *Кафаров Б.Б.* Справочник по растворимости. Т. 3. Кн. 2. Л., 1969.
3. *Кульчечкая А.А.* Особенности криометрического изучения включений в гипсе // Минералогия осадочных месторождений. 1977. Вып. 4. С. 87–96.
4. *Перит Т.М., Побережський А.В., Ясиновський М.* Фації баденських гіпсів Придністров'я // Геологія і геохімія горючих копалин. 1995. № 1–2. С. 16–27
5. *Петриченко О.И., Ковалевич В.М., Шайдецькая В.С., Побережский А.В.* Генетические особенности сероносных сульфатно-карбонатных отложений эвапоритовых формаций (по данным изучения включений в минералах). Львов, 1988.
6. *Побережський А.В.* Фізико-хімічні параметри умов седиментації гіпсу в баденському евапоритовому басейні Передкарпатського прогину // Геологія і геохімія горючих копалин. 2000. № 4. С. 38–55.
7. *Alexandrowicz S.W., Garlicki A., Rutkowski J.* Podstawowe jednostki litostratigraficzne miocenu zapadliska przedkarpackiego// Kwartalnik Geologiczny. 1962. Vol. 26. S. 470–471.
8. *Babel M.* Giant gypsum intergrowths from the Middle Miocene evaporites of southern Poland // Acta Geologica Polonica. 1987. Vol. 37. N 1–2. P. 1–20.
9. *Babel M.* History of sedimentation of the Nida Gypsum deposits (Middle Miocene, Carpathian Foredeep, southern Poland) // Geological Quarterly. 1999. Vol. 43. P. 429–447.
10. *Kasprzyk A.* Sedimentary evolution of Badenian (Middle Miocene) gypsum deposits in the northern Carpathian Foredeep // Geological Quarterly. 1999. Vol. 43. P. 449–465.

11. *Kovalevich V.M., Petrichenko O.I.* Chemical composition of brines in Miocene evaporite basins of the Carpathian region // *Slovak Geol. Mag.* 1997. Vol. 3. P. 173–180.
12. *Kubica B.* Rozwoj litofacjalny osadow chemicznych badenu w polnocnej chesci zapadliska przedkarpatckiego // *Prace Panstwowego Inst. Geologicznego.* 1992. Vol. 133. S. 1–6.
13. *Panow G., Plotnikow A.* Badenskie ewaporaty ukraińskiego Przedkarpacia: litofacje i miazszosc // *Przegląd Geologiczny.* 1996. Vol. 44. N 10. S. 1024–1028.
14. *Peryt T. M.* Sedimentology of Badenian (middle Miocene) gypsum in eastern Galicia, Podolia and Bukovina (West Ukraine) // *Sedimentology.* 1996. Vol. 43. P. 571–588.
15. *Peryt T.M.* Gypsum facies transitions in basin-marginal evaporates: middle Miocene (Badenian) of West Ukraine // *Sedimentology.* 2001. Vol. 48. P. 1103–1119.
16. *Petrichenko O.I., Peryt T.M., Poberegski A.V.* Peculiarities of gypsum sedimentation in the Middle Miocene Badenian evaporite basin of Carpathian Foredeep // *Slovak Geol. Mag.* 1997. Vol. 3. N 2. P. 91–104.
17. *Petrichenko O.I., Panow G.M., Peryt T.M.* et al. Zarys geologii miocenskich formacji ewaporatowych ukraińskiej czesci zapadliska przedkarpackiego // *Przegląd Geologiczny.* 1994. Vol. 42. S. 734–737.
18. *Warren Jahn.* Evaporites. Their evolution and economics. Blackwell Science, 1999.
19. *Wyszynski O.W.* Przedgorze okolic Kosowa // *Przemysł Naftowy (Lwów).* 1939. R. 14. Z.1. S. 7–13.

**FACIAL AND PHYSICAL-CHEMICAL ANALYSIS OF GYPSUM
SEDIMENTATION CONDITIONS IN THE BADENIAN BASIN
OF THE CARPATHIAN REGION**

A. Poberezhskiy¹, T. Peryt², O. Petrychenko¹

¹*Institute of Geology & Geochemistry of Combustible Minerals
Naukova st. 3a, UA – 79053 Lviv, Ukraine
E-mail: igggk@ah.ipm.lviv.ua*

²*Polish Geological Institute, Rakowiecka st. 4, PL-00-975 Warsaw, Poland
E-mail: tperyt@pgi.waw.pl*

Gypsum deposits in the studied region are subdivided on separate facies, the arising of which were connected with migration of the basin towards the platform caused by formation of the Carpathians. Evaporite basin had a continental-marine origin, water of sulphate-sodic chemical subtype and total salinity up to 60–70 g/litre. Gypsum was crystallised due to evaporation of water and seasonal decreasing of temperature. The total intensity of its sedimentation was 2,5–3,0 mm per year.

Key words: Carpathians, Badenian, gypsum, facies, sedimentation.

Стаття надійшла до редколегії 06.06.2002

Прийнята до друку 19.09.2002