

УДК 550.4:552.53+553.2(510)

## ФІЗИКО-ХІМІЧНІ УМОВИ ФОРМУВАННЯ ПОЛІГАЛІТУ ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОЇ ЧАСТИНИ БАСЕЙНУ КАЙДАМ, КНР

<sup>1</sup>**Анатолій Галамай**, канд. геол. наук, ст. наук. сп.,  
зав. відділу геохімії осадових товщ нафтогазоносних провінцій  
galamaytolik@ukr.net  
<https://orcid.org/0000-0003-4864-6401>

<sup>2</sup>**Юрій Садовий**, головний геолог  
ysadovyi@gmail.com  
<sup>2</sup>Державна установа «Державний науково-дослідний  
і проектний інститут основної хімії»,  
вул. Мирносицька, 25, Харків, Україна, 61002

<sup>3</sup>**Fanwei Meng**, Prof Dr, Head of the Paleontology and Stratigraphy Group School  
of Resources and Earth Sciences, China University of Mining and Technology (CUMT)  
Visiting Professor, Qinghai Salt Lake Research Institute, Chinese Academy of Sciences  
fwmeng@isl.ac.cn

<sup>3</sup>Nanhu Campus, China University of Mining and Technology,  
No. 1, Daxue Road, Xuzhou, Jiangsu Province, China

<sup>1</sup>**Дарія Сидор**, канд. геол. наук  
dariyasidor@gmail.com  
<https://orcid.org/0009-0007-5704-3748>

<sup>1</sup>Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України,  
вул. Наукова, 3а, Львів, Україна, 79060

Поклади полігаліту в Кунтей-Плайя в басейні Кайдам у Китаї відомі вже багато років. Однак механізм утворення цих відкладів дотепер є нез'ясованим. У цьому дослідженні обрано типовий розріз цих відкладів у північно-західній частині басейну для комплексного аналізу полігалітових покладів, що включає седиментологічні, мінералогічні і термобарогеохімічні дослідження.

Встановлено наступне: 1. Температура придонних розсолів під час формування відкладів нижньої частини досліджуваного розрізу коливалась від 30,8 до 80,2°C. Очевидно, з температурним режимом придонних розсолів під час осадконакопичення пов'язані особливості седиментогенезу, зокрема, перетворення гіпс→полігаліт; 2. Згідно термобарогеохімічних даних, на стадії седиментогенезу змішування прісних вод, збагачених на  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ , із концентрованими сульфатними розсолами басейну викликало осадження гіпсу (висолювання гіпсу), який під дією щільної придонної ропи переходив у полігаліт. Такий механізм формування полігаліту був основним на досліджуваній території, що підтверджується закономірним збільшенням процентної частки уламкових компонентів при одночасному зростанні процентної частки полігаліту і гіпсу, та навпаки – її (уламкових компонентів) зменшення, при зростанні процентної частки галіту і зменшенні процентної частки полігаліту і гіпсу у розрізі відкладів; 3. Морфологія полігалітових утворень вказує на те, що цей мінерал утворювався також на дні басейну седиментації при розвантаженні порових і міжкристалічних розсолів хемогенно-теригенних осадів, що ущільнювалися; 4. Релікти калійно-магнієвих мінералів у досліджуваних зразках та підвищений вміст магнію у розсолах вторинних включень у галіті не виключають можливості виникнення частини полігаліту внаслідок заміщення сільвину і карналіту при надходженні кальцію з розчинами із розташованих поруч нафтових покладів.

*Ключові слова:* полігаліт, флюїдні включення, галіт, температура гомогенізації.

DOI <https://doi.org/10.30970/min.74.08>

© Галамай Анатолій, Садовий Юрій, Meng Fanwei, Сидор Дарія, 2024

**Вступ.** Полігаліт відомий у багатьох галогенних формаціях світу, де є одним із калійвмісних мінералів. Використання його в якості безхлорного (K-Mg-Ca-SO<sub>4</sub>) добрива Polysulphate™ <https://polysulphate.com/mu-ru/polysulphate-science/>, та винайдені способи отримання комплексного мінерального добрива з цього мінералу <https://patents.google.com/patent/RU2276123C2/>, привертають все більшу увагу виробників добрив до полігалітових покладів.

**Постановка проблеми** у роботі полягає у вдосконаленні теорії полігалітової мінералізації для забезпечення теоретичної основи фундаментальних і прикладних досліджень полігаліту.

**Аналіз попередніх досліджень.** Через різноманітні можливі шляхи їхнього виникнення в залежності від фізико-хімічної характеристики середовища, особливості формування полігаліту до сьогодні дискутуються. В інтенсивно дислокованих соляних покладах полігаліт, порівняно з іншими калійно-магнієвими соляними мінералами, має вищі значення фізико-механічних характеристик і значно нижчу розчинність, що є передумовою для збереженості полігалітових утворень у процесі інтенсивних деформацій, яких зазнали галогенні формації [7]. У зоні гіпергенезу увесь калійно-магнієвий полімінеральний пласт за певних умов може перетворитися у полігаліт. Припущення, що утворення полігаліту пов'язане із заміщенням мінералів соленосних відкладів (гіпсу, ангідриту, сингеніту, сильвіну, карналіту, каїніту, глазериту та ін.) на постседиментацій стадії соленосного покладу є превалюючим у науковій літературі [7; 14–16; 19; 23; 28; 31]. Також припускається, що полігаліт може виникати в результаті взаємодії глибинних хлор-кальцієвих розсолів і розсолів збагачених калієм та магнієм на різних стадіях формування відкладів, зокрема під час седиментогенезу [14; 27; 29]. Аналіз форм полігалітових виділень в різних типах калійних порід Прикарпаття свідчить про те, що питання його утворення є значно складнішим, ніж це впливає із теоретичних припущень [8]. Особливе прикладне значення у цьому контексті мають роботи [4; 17]. Гострі дискусії щодо формування полігаліту соляних відкладів стосуються механізму полігалітизації, а також походження та хімічного складу розчинів під час цього процесу. Розв'язання означених питань має важливе значення для пояснення еволюції морських солеродних басейнів та континентальних соляних озер у складних басейнових системах.

Досліджувана нами Кунтей-Плайя розташована в північній частині басейну Кайдам у Китаї та відома своїми великомасштабними сучасними озерними відкладами полігаліту з геологічними запасами приблизно 200 мільйонів тон [20]. Дотепер механізм утворення полігаліту цього басейну не вивчений. **Метою роботи** було встановлення еволюції розсолів басейну та механізму відкладення полігаліту Кунтей-Плайя. Задля цього проведено комплексне дослідження петрографії і мінералогії осадових порід та термобарогеохімічне вивчення флюїдних включень у галіті Кунтей-Плайя.

**Геологічна ситуація.** Басейн Кайдам, розташований на півночі Цинхай-Тибетського плато на висоті 3000 м н.р.м. і займає площу 120 000 км<sup>2</sup>. Він приурочений до тектонічних поясів гір Цілянь, Куньлунь і Алтин, які контролювали еволюцію басейну. Басейн Кайдам утворився в результаті багатоступеневої зсувної діяльності, що супроводжувалася значним підняттям поясу Алтинського розлому починаючи з кайнозою [21; 33]. Встановлено принаймні три періоди активізації тектонічного режиму (~30 млн. років, ~8 млн. років і ~2,6 млн. років) протягом кайнозою, які вплинули на розвиток басейну [26]. Відслонення кайнозойських товщ відомі уздовж північного і західного країв басейну. Знизу догори ці товщі складаються з семи формацій: Лулехе (E<sub>1-2</sub>), Нижній Ганчайгоу (E<sub>3</sub>), Верхній Ганчайгоу (N<sub>1</sub>), Нижній Юшашань (N<sub>2</sub><sup>1</sup>), Верхній Юшашань (N<sub>2</sub><sup>2</sup>), Шизігоу (N<sub>2</sub><sup>3</sup>) і Цігецюань формації (Q<sub>1-2</sub>) [30].

Кунтей-Плайя займає площу 1680 км<sup>2</sup> у північно-західній частині басейну Кайдам (рис. 1). Вона характеризується надзвичайно сухим кліматом із середньою кількістю опадів лише 15,7 мм на рік, тоді як середня швидкість випаровування досягає 3095,9 мм на рік [35]. Окрім однієї сезонної річки (р. Циншуй) тут немає інших поверхневих вод, що робить її замкненим басейном, оточеним тектонічними поясами Еболян на заході, Хулушань на півдні та Ленху на сході [30]. Плайя була відокремлена від стародавнього пан-озера в басейні Кайдам і перетворена в ізольований суббасейн під час тектонічних рухів в пізньому пліоцені [34]. Протягом раннього та середнього плейстоцену осадове середовище басейну відповідало умовам солоного озера і солоно-напівсоленого озера, що чергувалися. Середовище солоного озера характеризувалося відкладенням галіту, тоді як відкладення гіпсу було характерним для солоно-напівсоленого водного середовища. Під час пізнього плейстоцену він був зачеплений неотектонічними рухами; західна частина басейну Кайдам продовжувала підніматися, а Кунтей-Плайя вже була ізольованою. У цей час глибина озера Кунтей була меншою, ніж під час раннього та середнього плейстоцену і осадове середовище змінилося з солоно-напівсоленого на середовище солоного озера. Починаючи з пізнього пліоцену та четвертинного періоду, підняття гір Куньлунь і Алтин-Таг спричинило розвиток кількох сателітних басейнів, і ці басейни зрештою перетворилися на плайї з кліматичним висиханням [10]. Галогенез відбувався переважно у проміжку від 0,97 млн. до 0,03 млн. років з випадінням галіту і гіпсу як основних мінералів та мірабіліту і полігаліту, як другорядних [11; 30].

Полігаліт в основному поширений у плейстоценовому шарі на західній стороні басейну, і його відкладення, ймовірно, відбулося протягом середнього та пізнього етапу середнього плейстоцену [32]. Глибина залягання лінзовидних полігалітових відкладів становить близько 6–65 м, потужність рудного пласта не перевищує 18,1 м. Максимальна потужність окремого полігалітового шару в рудному пласті становить 12 м, а мінімальна – 0,3 м. Результати хімічного аналізу показали, що середній вміст K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> становить 3,95% [23].

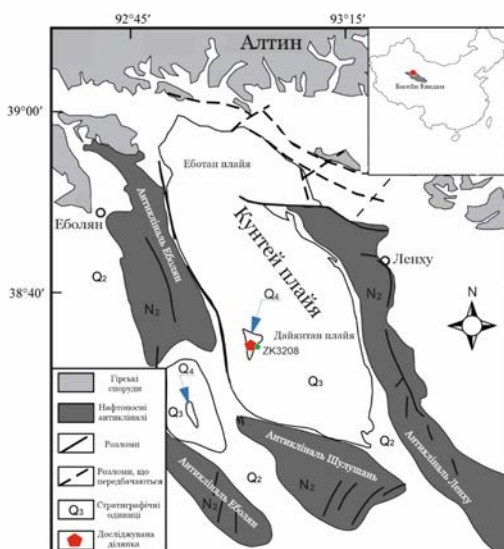


Рис. 1. Розміщення Кунтей-Плайя і ділянки досліджень у басейні Кайдам

**Методи і матеріал дослідження.** Досліджено ділянку уступового відслонення високою 5,7 м поблизу свердловини ZK3208 у Кунтей-Плаїя, де соленосні відклади містили полігаліт (див. рис. 1). Згідно із літологічною особливістю розрізу, відібрано сімнадцять зразків (BD-01 – BD-17) (рис. 2). Для забезпечення репрезентативності зразків перед відбором проб видаляли вивітрилі породи поверхні відслонення до досягнення корінної незміненої породи.

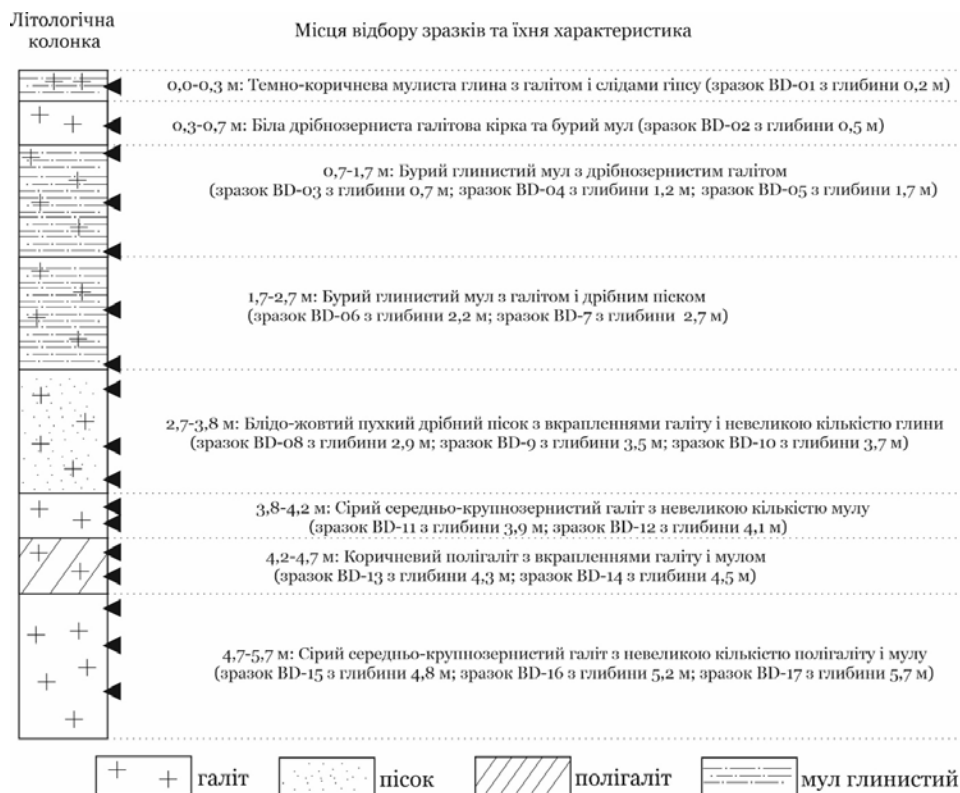


Рис. 2. Літологічний розріз досліджуваної ділянки з місцями відбору зразків

Мінералогічні дослідження склалися з трьох основних частин. Спочатку кожні 100 г репрезентативного зразка подрібнювали до 60 меш, а 3–5 г зважували і подрібнювали до 200 меш. Потім зразки сканували за допомогою рентгенівської дифракції (XRD) (X'Pert Pro) з робочими умовами 30 мА та 40 кВ. Три зразки (BD-10, BD-13 і BD-14) з високою часткою полігаліту були відібрані для аналізу мікроморфології та хімічних компонентів на скануючому електронному мікроскопі з енергодисперсійним спектрометром (SEM-EDS) (серія JSM-5610LV/INCA, максимальна роздільна здатність HV3,5 нм, мінімальна роздільна здатність LV5,0 нм, збільшення: 35–30 мільйонів разів). Ці експерименти проводилися в Аналітичному центрі Солт-Лейк при Цинхайському Інституті соляних озер Академії наук Китаю.

Для вимірювання температури гомогенізації включень у галіті використовували метод охолоджуючої нукліації [1; 3; 24]. Спочатку з обраного кристалу галіту за допомогою леза бритви по площині спайності відокремлювали зріз товщиною близько 1 мм. Потім

проводилися детальні петрографічні спостереження на кожному сегменті з визначенням генетичного типу включень. Всі зразки були охолоджені до  $-18^{\circ}\text{C}$ . При появі бульбашок розчиненого газу, температуру гомогенізації вимірювали на термометричний установці з термокамерою конструкції В. А. Калюжного [2].

Ультрамикрохімічний аналіз розчинів включень виконувався за модернізовану методику ультрамикроаналізу (метод скляних капілярів), що докладно описана у роботах [5; 12].

**Отримані результати.** Згідно проведених літологічних досліджень, відклади у верхній секції (від 2,70 м до поверхні) в основному складаються з темно-коричневого мулу або дрібного піску з галітом. Нижня секція поділяється на чотири частини (див. рис. 2): 1 – шар галіту, що містить сіру глину, з великими кристалами галіту із розміром граней 0,3–1,5 см; 2 – солевмісний піщаний шар від білого до сірого кольору, в якому уламкової складової більше, ніж в інших шарах. Тут також відмічається локальні білі смуги, що містять полігаліт; 3 – коричнево-сіро-біла кам'яна сіль + полігаліт потужністю 50 см, з горизонтальним шаром, збагаченим полігалітом. Розподіл полігаліту у цій частині мінливий, у білій матриці його вміст вищий, ніж у сіро-жовтій; 4 – шар, що складений середньо- і крупнозернистими кристалами галіту сірого або сіро-білого кольору із полігалітом у сірому мулі.

Дані мікроскопії і результати рентгенографії (XRD) показали, що соляні мінерали в основному складаються з дрібно- та крупнозернистого галіту, сірого масивного полігаліту та гіпсу (табл. 1). Крім того, у верхній частині розрізу виявлено силвін та сингеніт. Галіт присутній у кожному з шарів, його вміст у мінеральному складі порід коливається від 9 до 98%. Полігаліт, який має дрібнозернисту структуру із розмірами зерен від 0,01 до 0,05 мм, поряд із галітом, також є одним з основних соляних мінералів у більшості шарів. Тип його монокристалів листоподібний, голчастий та волокнистий. Відсоток полігаліту у мінеральному складі породи в більшості шарів не перевищує 20–30% і лише в окремих сягає понад 50%.

Таблиця 1

**Мінеральний склад досліджуваних зразків (%)**

Зразок	Глибина, м	Галіт	Полігаліт	Гіпс	Доломіт	Кальцит	Мусковіт	Уламкові		
								Кварц	Альбіт	Шамозит
BD-01	0,2	43	11	2	–	1	38	6	–	–
BD-02	0,5	26	–	8	2	1	30	9	11	12
BD-03	0,7	63	–	–	–	–	2	–	5	–
BD-04	1,2	58	13	12	–	–	–	16	–	–
BD-05	1,7	19	10	9	2	2	23	18	13	4
BD-06	2,2	10	14	10	1	2	20	23	15	4
BD-07	2,7	9	–	12	3	4	30	6	23	13
BD-08	2,9	19	19	–	2	–	7	36	17	1
BD-09	3,5	32	31	–	–	–	6	22	8	–
BD-10	3,7	29	31	–	5	–	–	27	9	–
BD-11	3,9	85	11	–	–	–	–	4	–	–
BD-12	4,1	65	16	–	–	–	2	7	7	3
BD-13	4,3	35	43	–	–	–	5	15	–	2
BD-14	4,5	18	54	–	–	–	5	20	–	3
BD-15	4,8	52	22	–	–	–	–	12	15	–
BD-16	5,2	98	–	–	–	–	–	2	–	–
BD-17	5,7	98	–	–	1	–	–	1	–	–

Гіпс виявлений лише у верхній частині (0–2,7 м) розрізу і не виявлений у нижній його частині (2,7–5,7 м). Крім того, у мінералогічному складі зразків встановлено кварц, альбіт, шамозит і мусковіт.

За допомогою SEM встановлено жовновий полігаліт, оточений середньо-крупнозернистими кристалами галіту та глинистими мінералами. Мінеральні спектри з EDS зразків BD-13 та BD-14 показують, що окрім полігаліту, який був точкою сканування, тут наявні також калійні мінерали, такі як сильвін (KCl) і карналіт (KMgCl<sub>3</sub>·H<sub>2</sub>O).

Згідно термометричних досліджень, температура гомогенізації включень у галіті коливається в межах 22,9–80,2°C, а середнє значення у різних зразках становить від 27,4 до 71,8°C (табл. 2).

Таблиця 2

**Температура гомогенізації первинних флюїдних включень у галіті**

Зразок	Кількість досліджених включень	Розмір включень, мкм	Фазовий стан при 25°C	Діапазон температур гомогенізації, °C	Середня температура гомогенізації, °C
BD-12	5	12–20	Рідкі	22,9–30,8	27,4
BD-13	5	12–30	–/–	43,1–58,8	54,9
BD-14	3	11–14	–/–	44,1–57,8	52,3
BD-16	2	20	–/–	47,1–53,1	50,1
BD-17	11	10–24	–/–	54,9–80,2	71,8

Згідно ультрамікрохімічного аналізу, розсоли включень у галіті відносяться до Na-K-Mg-Cl-SO<sub>4</sub> типу з вмістом кальцію менше за 0,5 г/л. У первинних включеннях вміст калію, магнію і сульфату коливається в межах відповідно (в г/л): 29,7–39,0; 56,1–71,8; 47,4–80,6; у вторинних включеннях – 2,0–33,1; 46,3–119,2; 30,2–86,6 (табл. 3).

Таблиця 3

**Хімічний склад розчинів включень у галіті**

Зразок	Тип включень	Вміст, г/л (у дужках кількість аналізів)		
		K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
BD-11-1	Первинні	39,0 (4)	71,8 (2)	80,6 (2)
BD-11-2	–/–	29,7 (2)	65,4 (3)	47,4 (2)
BD-16-1	–/–	31,8 (2)	57,0 (4)	47,6 (2)
BD-17-1	–/–	35,0 (3)	56,1 (2)	53,8 (3)
BD-11-1	Вторинні	32,3 (2)	46,3 (1)	39,8 (2)
BD-11-2	–/–	33,1 (2)	77,8 (2)	86,6 (4)
BD-16-1	–/–	2,0 (2)	119,2 (1)	38,3 (2)
BD-17-1	–/–	14,3 (1)	97,3 (1)	30,2 (3)

**Інтерпретація результатів і дискусія.** Первинні включення у галіті Кунтей-Плайя однофазові рідкі. Такі включення характерні для галіту сучасних соляних озер і для галіту багатьох древніх соляних товщ, які не прогрівались на постседиментаційному етапі вище за 50–60°C [5; 9]. Дослідження особливостей утворення газової фази у рідких включеннях при охолодженні галіту свідчать про наступне: у рідких включеннях з висококонцентрованими (стадії садки калійних солей) розсолами і низькоконцентрованими (стадії садки галіту) з високим вмістом MgCl<sub>2</sub>, отримати газову фазу шляхом охолодження галіту проблематично [1].



Отже, відмічається залежність наявності у природних «високотемпературних» кристалах галіту чи виникнення (у разі охолодження мінералу) газового пухирця у флюїдних включеннях від густини та хімічного складу розчинів. Зважаючи на відсутність газової фази у включеннях галіту Кунтей-Плайя за високотемпературної кристалізації, очевидно, фазовий склад включень передусім контролювався зазначеними факторами. При інтерпретації результатів гомогенізації газиво-рідких і первісно однофазових рідких (із отриманою газовою фазою шляхом охолодження мінералу) включень у галіті слід враховувати експериментальні дані по дослідженню включень у штучно вирощених і природних кристалах галіту. Згідно з цими даними максимальна визначена у зразку температура відповідає істинному значенню [9; 24]. Отже, у придонних шарах досліджуваного басейну (утворення відкладів інтервалу 4,3–5,7 м) впродовж соленагромадження температура коливалась від 30,8 до 80,2°C. Екстремальний високотемпературний режим кристалізації на дні солеродного басейну міг досягатися завдяки виникненню вертикальної термохалінної структури у седиментаційному басейні, що складається переважно з трьох шарів: 1. Верхнього малопотужного прісного або слабо-мінералізованого – міксолімніу (утворювався за рахунок припливу поверхневих/грунтових прісних вод, атмосферних опадів); 2. Середнього – хемокліну; 3. Придонного – монімолімніону [13]. Світлова енергія сонця в хемокліні перетворювалася на теплову та витрачалася на нагрівання монімолімніону, максимальна придонна температура в сучасних озерах сягає 70°C, а в давніх басейнах встановлено температуру 73,5°C [13]. У природі існує обмежена кількість гелеотермальних озер, через цілу низку умов, що мають збігтися. В залежності від фізико-хімічних умов водних шарів озера він може існувати як цілорічно, так і в обмеженому часовому проміжку – декілька днів або місяців. Раніше проведені дослідження температури гомогенізації включень у галіті з ділянки, розташованої в 10 км на південний схід (розріз від денної поверхні до глибини 75,3 м), показали, що формування полігаліту також відбувалось у басейні і за значно нижчої температури, що становила 17,1–35,5°C [18]. Температура сучасних озерних розсолів басейну Кайдам коливається в межах 17,9–38,2°C [37]. Проте, на підтвердження отриманих нами температурних значень формування полігаліту під час седиментогенезу, свідчать дослідження ізотопів  $Mg^{2+}$  полігаліту та астраханіту басейну, на основі яких раніше було зроблено припущення, що на цій території періодично (0,39 млн. років тому, 0,36 млн. років тому та 0,12 млн. років тому) міг існувати теплий сухий клімат із температурою розсолу до ~70°C [22].

Згідно даних ультрамікрохімічних досліджень розчинів включень у галіті, розсоли басейну характеризувалися високою концентрацією іонів стадії садки калійно-магнієвих солей (див. табл. 3). Незвично високий вміст калію, що не є характерним для басейнів континентального типу, обумовлений надходженням продуктів руйнування і вивітрювання порід (переважно засолених третинних відкладів), що складають гірське обрамлення западини [36].

Компактне розташування точок хімічного складу розсолів первинних включень на трикутній діаграмі (рис. 3) свідчить про стабільність джерела солей у басейні, а значне коливання концентрації седиментаційних розсолів за невеликий проміжок часу (формування різних кристалів одного шару – зразок BD-11) (див. табл. 3) – про періодичне надходження у басейн прісних вод, збагачених на  $Ca(HCO_3)_2$ . Змішування прісних вод із концентрованими сульфатними розсолами басейну викликало осадження кальцію у вигляді гіпсу (висолювання гіпсу), який під дією щільної придонної ропи переходив у полігаліт ( $K_2O$  – 15,62;  $CaO$  – 18,6;  $MgO$  – 6,69;  $SO_3$  – 53,11;  $H_2O$  – 5,98). Цей процес відзеркалений у відповідній зміні хімічного складу розсолів первинних включень у галіті. Таким чином надходження  $Ca(HCO_3)_2$  з прісними водами – головне джерело кальцію у басейні.

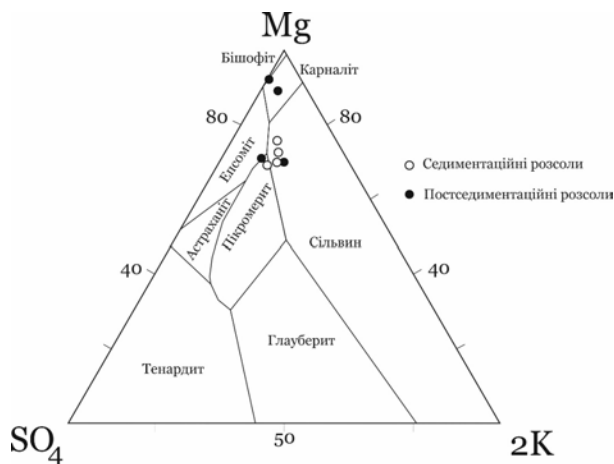


Рис. 3. Розташування точок хімічного складу флюїдних включень на метастабільній фазовій діаграмі системи K-Na-Mg-SO<sub>4</sub>-Cl [25]

Дані ультрамікрохімічного аналізу розсолів вторинних флюїдних включень у галіті вказують на певні зміни хімічного складу постседиментаційних розсолів порівняно із складом седиментаційних. Розташування точок хімічного складу цих включень на трикутній діаграмі свідчить як про спорідненість постседиментаційних розсолів із седиментаційними, так і про процеси десульфатизації, катіонного обміну, адсорбції, та інші, що проходили у похованому покладі.

Морфологія полігаліту у вигляді жовнових утворень та обезсульфачування розсолів на постседиментаційній стадії також можуть свідчити про надходження кальцію на дно басейну при розвантаженні порових і міжкристалічних розсолів хомогенно-теригенних осадів, що ущільнювалися, як це відбувалось у давніх солеродних басейнах, та спостерігається у сучасних [6]. Утворення полігаліту відбувалось за температури 30,8–80,2°C (нижня частина розрізу) із сульфатної ропи з середньою концентрацією калію і магнію відповідно 33,9 г/л і 62,6 г/л. Експериментальні дослідження показують, що за концентрації калію нижче 30 г/л, а магнію нижче 40 г/л, у сульфатній ропі йде зародження гіпсу, який у подальшому перетворюється у жовновий ангідрит [6].

Хоча нами не встановлено Na-K-Mg-Ca-Cl розсолів у вторинних флюїдних включеннях у галіті, проте релікти калійно-магнієвих мінералів у досліджуваних зразках та підвищений вміст магнію у розсолах вторинних включень (див. табл. 3) не виключають можливості виникнення частини полігаліту за схемою:



Джерелом кальцію могли виступати хлоркальцієві розсоли з низьким вмістом калію з розташованих поруч нафтових покладів [36].

Збільшення процентної частки уламкових компонентів при одночасному зростанні процентної частки полігаліту і гіпсу, та навпаки – її (уламкових компонентів) зменшення, при зростанні процентної частки галіту і зменшенні процентної частки полігаліту і гіпсу у розрізі відкладів (рис. 4) підтверджує вищенаведені факти, що основний механізм утворення полігаліту на досліджуваній території був наступний: надходження у басейн прісних вод → висолювання гіпсу → перехід гіпсу у полігаліт.



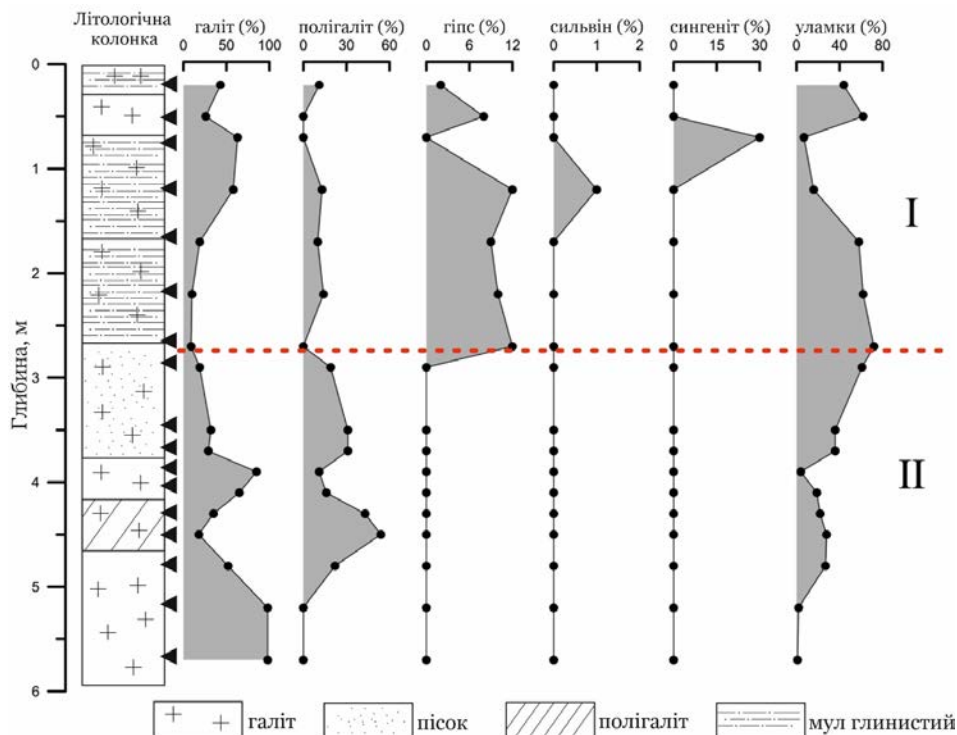


Рис. 4. Зміни частки компонентів порід у розрізі відкладів. Частина розрізу:  
I – верхня частина; II – нижня частина

Відсутність гіпсу у нижній частині розрізу (від 2,7 до 5,7 м) та його наявність у верхній частині (до глибини 2,7 м) потребує подальшого дослідження. Найвірогідніше, це може бути пов'язане з особливостями температурного режиму придонних розсолів під час седиментогенезу. Принаймні, згідно термометричних досліджень, флюїдні включення у зразках BD-13 і BD-14 мають найвищу температуру гомогенізації, а у мінеральному складі цих зразків найвищий відсотковий вміст полігаліту.

**Висновки.** Застосування комплексного аналізу, що включає седиментологічні, мінералогічні і термобарогеохімічні дослідження, дозволило встановити фізико-хімічні умови формування полігаліту у північно-західній частині континентального басейну Кайдам. З аналізу отриманих результатів були зроблені наступні висновки:

1. Температура придонних розсолів під час формування відкладів нижньої частини досліджуваного розрізу коливалась від 30,8 до 80,2°C. З огляду на встановлену високу концентрацію розсолів стадії осадження калійних солей, та періодичний доплив у басейн прісних континентальних вод, слід передбачати стратифікацію водної товщі з утворенням термоэффекту. Очевидно, з температурним режимом придонних розсолів під час осадконагромадження пов'язані особливості седиментогенезу, зокрема перетворення гіпс→полігаліт, що потребує подальшого вивчення.

2. Періодичне надходження у басейн з Na-K-Mg-Cl-SO<sub>4</sub> типом розсолів прісних вод, збагачених на Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> відзеркалений у відповідній зміні хімічного складу розсолів первинних включень у галіті. Змішування прісних вод із концентрованими сульфатними розсолами

басейну викликало осадження кальцію у вигляді гіпсу (висолювання гіпсу), який під дією щільної придонної ропи переходив у полігаліт. Зазначений механізм формування полігаліту був основним на досліджуваній території. Збільшення процентної частки уламкових компонентів, при одночасному зростанні частки полігаліту і гіпсу, та навпаки – її зменшення, при зростанні частки галіту і зменшенні частки полігаліту і гіпсу, підтверджує цей висновок.

3. Морфологія окремих полігалітових утворень і обезсульфачування розсолів на пост-седиментаційній стадії можуть свідчити про надходження кальцію на дно басейну при розвантаженні порових і міжкристалічних розсолів хомогенно-теригенних осадів.

4. Релікти калійно-магнієвих мінералів у досліджуваних зразках та підвищений вміст магнію у розсолах вторинних флюїдних включень, свідчать про можливість виникнення частини полігаліту внаслідок заміщення силвіну і карналіту у похованому покладі при надходженні кальцію з розчинами розташованих поруч нафтових покладів.

Встановлені особливості фізико-хімічних умов формування полігаліту Кунтей-Плайя вдосконалюють теорію полігалітової мінералізації та забезпечують теоретичну основу для фундаментальних і прикладних досліджень полігаліту.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Галамай А., Сидор Д., Любчак О. Особливості появи газової фази в однофазових рідких включеннях у галіті (для визначення температури його кристалізації). *Мінералогія: сьогодні і майбуття. Матеріали VIII наукових читань імені академіка Євгена Лазаренка*. Львів-Чинадієве, 2014. С. 34–36.
2. Галамай А. Р., Зінчук І. М., Сидор Д. В. Модернізація апаратурного устаткування термометричного методу, особливості його використання для вивчення умов формування родовищ солей. *Геологічна будова та корисні копалини України: Збірник тез Всеукраїнської наукової конференції*. Київ, 2022. С. 157–159.
3. Галамай А. Р., Зінчук І. М., Сидор Д. В. Термометричні дослідження флюїдних включень у баденському галіті карпатського регіону у контексті встановлення глибини солеродного басейну. *Геологія і геохімія горючих копалин*, 2023. 1–2 (189–190). С. 54–65.
4. Корінь С. С., Мосора Т. М. Визначення структурної позиції і кореляції шарів Калуш-Голінського родовища за допомогою маркуючої пачки полігалітових порід. *Осадкові породи і руди*, 1978. С. 172–177.
5. Петриченко О. Й. Методи дослідження включень у мінералах галогенних порід. *Київ: Наук. Думка*, 1973. 91 с.
6. Петриченко О. Й. Фізико-хімічні умови осадконагромадження у древніх солеродних басейнах. *Київ: Наук. Думка*, 1988. 128 с.
7. Садовий Ю. В., Садовий Ю. Ю. Полігаліт галогенних формацій Передкарпаття: форми знаходження, генезис та розшукове значення. *Мінералогічний збірник*, 2012. 62 (2). С. 216–227.
8. Садовий Ю. В., Садовий Ю. Ю. Полігаліт в міоценових галогенних формаціях Передкарпатського прогину. *Збірник наукових праць Інституту геологічних наук НАН України*, 2021. 5. С. 111–117.
9. Acros D., Ayora C. The use of fluid inclusions in halite as environmental thermometer: an experimental study. *XIV ECROFI*, 1997. P. 10–11.
10. Chen K., Bowler J. M. Late Pleistocene Evolution of Salt Lakes in the Qaidam Basin, Qinghai Province, China. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, 1986. 54. P. 87–104.
11. Han F., Huang Q., Wang K., Wang H., Yuan L. Study of Geochemical Evolution and Palaeoclimatic Fluctuation of Kuntayi Salt lake in the Qaidam Basin, Qinghai. *Oceanologia et Limnol. Sin.*, 1995. 26 (5). P. 502–508.

12. Galamay A. R., Bukowski K., Sydor D. V., Fanwei M. The Ultramicrochemical Analyses (UMCA) of Fluid Inclusions in Halite and Experimental Research to Improve the Accuracy of Measurement. *Minerals*, 2020. 10 (9). 12 pages. <https://doi.org/10.3390/min10090823>
13. Galamay A. R., Karakaya M. Ç., Bukowski K., Karakaya N., Jaremchuk S. V. Geochemistry of Brine and Paleoclimate Reconstruction during Sedimentation of Messinian Salt in the Tuz Gölü Basin (Türkiye): Insights from the Study of Fluid Inclusions. *Minerals*, 2023. 13 (2). 22 pages. <https://doi.org/10.3390/min13020171>
14. García-Veigas J., Cendón D. I., Rosell L., Ortí F., Torres Ruiz J., Martín J. M. Salt Deposition and Brine Evolution in the Granada Basin (Late Tortonian, SE Spain). *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, 2013. 369. P. 452–465.
15. Harville D. G., Fritz S. J. Modes of Diagenesis Responsible for Observed Succession of Potash Evaporites in the Salado Formation, Delaware Basin, New Mexico. *J. Sediment. Petrol.*, 1986. 56 (5). P. 648–656.
16. Holt N. M., García-Veigas J., Lowenstein T. K., Giles P. S., Williams-Stroud S. The Major-Ion Composition of Carboniferous Seawater. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 2014. 134. P. 317–334.
17. Hryniv S. P. Polyhalite in Miocene potash deposits of the Carpathian Foredeep, Ukraine. *Acta Mineralogica-Petrografica*, XLI, Szeged, 2000. P. 54.
18. Jun L., Wenxia L., Weiliang M., Qiliang T., Yongshou L., Xiaolong Y., Qingyu H., Yongsheng D., Xiyang Z. Reconstruction of Polyhalite Ore-Formed Temperature from Late Middle Pleistocene Brine Temperature Research in Kuntayi Playa, Western China. *Geofluids*, 2022. 13. Article ID 6255886. <https://doi.org/10.1155/2022/6255886>
19. Li Y., Han W. An Experimental Study on the Formation Conditions of Polyhalite in Triassic System in Sichuan Basin. *Geoscience*, 1987. 1 (3–4). P. 400–411.
20. Li C., Li B., Li Z. Census Report of the Potash deposit in Kuntayi, Lenghu Town, Qinghai Province. *Delingha: The Qinghai Qindam comprehensive geological survey unit*, 1990. (in Chinese).
21. Li H., Yang J., Xu Z., Sun Z., Tapponnier P., Van Der Woerd J. The Constraint of the Altyn Tagh Fault System to the Growth and Rise of the Northern Tibetan Plateau. *Earth Sci. Front.*, 2006. 13 (4). P. 59–79.
22. Li M. H., Fang X. M., Galy A., Wang H. L., Song X. S., Wang X. X. Hydrated sulfate minerals (bloedite and polyhalite): formation and paleoenvironmental implications. *Carbonates and Evaporites*, 2020. 35 (4). P. 1–12.
23. Liu C., Ma L., Jiao P., Sun X., Chen Y. Chemical Sedimentary Sequence of Lop Nur Salt lake in Xinjiang and its Controlling Factors. *Mineral. Deposits*, 2010. 29 (4). P. 625–630.
24. Lowenstein T. K., Li J., Brown C. B. Paleotemperatures From Fluid Inclusions in Halite: Method Verification and a 100,000 Year Paleotemperature Record, Death Valley, CA. *Chem. Geol.*, 1998. 150. P. 223–245.
25. Meng F.-W., Ni P., Yuan X.-L., Zhou C.-M., Yang C.-H., Li Y.-P. Choosing the Best Ancient Analogue for Projected Future Temperatures: A Case Using Data from Fluid Inclusions of Middle-Late Eocene Halites. *J. Asian Earth Sci.*, 2013. 67–68. P. 46–50.
26. Pan J., Li H., Sun Z., Liu D., Wu C., Yu C. Tectonic Response in the Qaidam basin Induced by Cenozoic Activities of the Altyn Tagh Fault. *Acta Petrol.*, 2015. 31 (12). P. 3701–3712.
27. Perthuisot J.-P. Recent Polyhalite from Sebkhia El Melah (Tunisia). *Nat. Phys. Sci.*, 1971. 232. P. 186–187.
28. Niu X., Jiao P., Cao Y., Zhao Y., Liu B. The Origin of Polyhalite and its Indicating Significance for the Potash Formation in the Bieletan Area of the Qarhan Salt lake, Qinghai. *Acta Geol. Sin.*, 2015. 89 (11). P. 2087–2095.
29. Wang S., Zheng M. Discovery of Triassic Polyhalite in Changshou Area of East Sichuan Basin and its Genetic Study. *Mineral. Deposits*, 2014. 33 (5). P. 1045–1056.

30. Wang M., Yang Z., Liu C., Xie Z., Jiao P., Li C. Potash Deposits and Their Exploitation Prospects of saline Lakes of the north Qaidam Basin. *Beijing: Geological Publishing House*, 1997. (in Chinese).
31. Wei H. On Syngenesi, Diagenesis, Anadiagenesis and Supergene Alteration of Triassic gypsum Salt in Quxian, Sichuan. *Acta Sedimentol. Sin.*, 1987. 5 (4). P. 56–65.
32. Wei X., Shao C., Wang M., Zhao D., Cai K., Jiang J. Material Constituents, Depositional Features and Formation Conditions of Potassium-Rich Salt Lakes in Western Qaidam Basin. *Beijing: Geological Publishing House*, 1993. (in Chinese).
33. Yin A., Rumelhart P. E., Butler R., Cowgill E., Harrison T. M., Foster D. A. Tectonic History of the Altyn Tagh Fault System in Northern Tibet Inferred from Cenozoic Sedimentation. *Geol. Soc. America Bull.*, 2002. 114 (10). P. 1257–1295.
34. Zhang P. Salt Lakes in Qaidam Basin. *Beijing: Science Press*, 1987. (in Chinese).
35. Zhang Y., Xuan Z. Economic Evaluation of Potassium and Magnesium Solid deposit in Kuntanyi and Mahai Salt Lake of Qinghai Province. *J. Salt Lake Sci.*, 1996. 4 (1). P. 36–45.
36. Zhang X., Fan Q., Li Q., Du Y., Qin Z., Wei H., Shan F. The Source, Distribution, and Sedimentary Pattern of K-Rich Brines in the Qaidam Basin, Western China. *Minerals*, 2019. 9. 655.
37. Zhao Y. J., Liu C. L., Zhang H., Li Z. Q., Ding T., Wang M. Q. The controls of paleotemperature on potassium salt precipitation in ancient salt lakes. *Acta Petrologica Sinica*, 2015. 31 (9). P. 2751–2756.

## REFERENCES

1. Galamay, A., Sydor, D., & Liubchak, O. (2014). Osoblyvosti poiyvy hazovoi fazy v odnofazovykh ridkykh vkluchenniakh u haliti (dlya vyznachennia temperatury yoho krystalizatsii) [Peculiarities of the appearance of the gas phase in single-phase liquid inclusions in halite (to determine its crystallization temperature)]. *Mineralogy: present and future. Materials of the 8th academic lectures named after academician Yevhen Lazarenko*, Lviv-Chinadieve, 34–36 [in Ukrainian].
2. Galamay, A.R., Zinchuk, I.M., & Sydor, D.V. (2022). Modernizatsiia aparaturnoho ustatkuvannia termometrychnoho metodu, osoblyvosti yoho vykorystannia dlia vvychennia umov formuvannia rodovyshch solei [Modernization of thermometric method equipment, features of its use for studying the conditions of salt deposits formation]. *Geological structure and minerals of Ukraine: Collection of theses of the All-Ukrainian scientific conference*. Kyiv, 157–159 [in Ukrainian].
3. Galamay, A.R., Zinchuk, I.M., & Sydor, D.V. (2023). Termometrychni doslidzhennia fliuidnykh vkluchen u badenskomu haliti karpatskoho rehionu u konteksti vstanovlennia hlybyny solerodnogo baseinu [Thermometrical studies of fluid inclusions in the baden halite of the Carpathian region in the context of determining the depth of the Salt Basin]. *Geology and Geochemistry of Combustible Minerals*, 1–2 (189–190), 54–65 [in Ukrainian].
4. Korin, S.S., & Mosora, T.M. (1978). Vyznachennia strukturnoi pozytsii i koreliatsii shariv Kalush-Holynskoho rodovyshcha za dopomohoiu markuiuchoi pachky polihalitovykh porid [Determination of the structural position and correlation of the layers of the Kalush-Holinsky deposit using a marking pack of polyhalite rocks]. *Sedimentary rocks and ores*, 172–177 [in Ukrainian].
5. Petrychenko, O.Y. (1973). Metody doslidzhennia vkluchen u mineralakh halohennykh porid [Methods of research of inclusions in minerals of salt rocks]. *Kyiv: Nauk. Dumka*, 91 [in Ukrainian].
6. Petrychenko, O.Y. (1988). Fyzyko-khimichni umovy osadkonahromadzhennia u drevnykh solerodnykh baseinakh [Physico-chemical conditions of ancient salt-bearing basins sedimentation], *Kyiv: Nauk. Dumka*, 128. [in Ukrainian].

7. Sadovyi, Yu.V., & Sadovyi, Yu.Yu. (2012). Polihalit halohennykh formatsii Peredkarpattia: formy znakhodzhennia, henezys ta rozshukove znachennia [Polyhalite of Pre-carpathians halogen formations: modes of occurrence, genesis and search value]. *Mineralogical collection*, 62 (2), 216–227 [in Ukrainian].
8. Sadovyi, Yu.V., & Sadovyi, Yu.Yu. (2021). Polihalit v miotsenovykh halohennykh formatsiakh Peredkarpatskoho prohynu [Polyhalite in Miocene halogenic formations of Carpathian foredeep]. *Collection of scientific works of the Institute of Geological Sciences of the National Academy of Sciences of Ukraine*, 5, 111–117 [in Ukrainian].
9. Acros, D., & Ayora, C. (1997). The use of fluid inclusions in halite as environmental thermometer: an experimental study. *XIV ECROFI*, P. 10–11 [in English].
10. Chen, K., & Bowler, J.M. (1986). Late Pleistocene Evolution of Salt Lakes in the Qaidam Basin, Qinghai Province, China. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, 54. P. 87–104 [in English].
11. Han, F., Huang, Q., Wang, K., Wang, H., & Yuan, L. (1995). Study of Geochemical Evolution and Palaeoclimatic Fluctuation of Kunteyi Salt lake in the Qaidam Basin, Qinghai. *Oceanologia et Limnol. Sin.*, 26 (5). P. 502–508 [in English].
12. Galamay, A.R., Bukowski, K., Sydor, D.V., & Fanwei, M. (2020). The Ultramicrochemical Analyses (UMCA) of Fluid Inclusions in Halite and Experimental Research to Improve the Accuracy of Measurement. *Minerals*, 10 (9). 823. 12 pages. <https://doi.org/10.3390/min10090823> [in English].
13. Galamay, A.R., Karakaya, M.Ç., Bukowski, K., Karakaya, N., & Jaremchuk, S.V. (2023). Geochemistry of Brine and Paleoclimate Reconstruction during Sedimentation of Messinian Salt in the Tuz Gölü Basin (Türkiye): Insights from the Study of Fluid Inclusions. *Minerals*, 13 (2). 171. 22 pages. <https://doi.org/10.3390/min13020171> [in English].
14. García-Veigas, J., Cendón, D.I., Rosell, L., Ortí, F., Torres Ruiz, J., & Martín, J.M. (2013). Salt Deposition and Brine Evolution in the Granada Basin (Late Tortonian, SE Spain). *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, 369. P. 452–465 [in English].
15. Harville, D.G., & Fritz, S.J. (1986). Modes of Diagenesis Responsible for Observed Succession of Potash Evaporites in the Salado Formation, Delaware Basin, New Mexico. *J. Sediment. Petrol.*, 56 (5). P. 648–656 [in English].
16. Holt, N.M., García-Veigas, J., Lowenstein, T.K., Giles, P.S., & Williams-Stroud, S. (2014). The Major-Ion Composition of Carboniferous Seawater. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 134. P. 317–334 [in English].
17. Hryniv, S.P. (2000). Polyhalite in Miocene potash deposits of the Carpathian Foredeep, Ukraine. *Acta Mineralogica-Petrografica*, XLI, Szeged. P. 54 [in English].
18. Jun, L., Wenxia, L., Weiliang, M., Qiliang, T., Yongshou, L., Xiaolong, Y., Qingyu, H., Yongsheng, D., & Xiying, Z. (2022). Reconstruction of Polyhalite Ore-Formed Temperature from Late Middle Pleistocene Brine Temperature Research in Kunteyi Playa, Western China. *Geofluids*, Article ID 6255886. 13 pages <https://doi.org/10.1155/2022/6255886> [in English].
19. Li, Y., & Han, W. (1987). An Experimental Study on the Formation Conditions of Polyhalite in Triassic System in Sichuan Basin. *Geoscience*, 1 (3–4). P. 400–411 [in English].
20. Li, C., Li, B., & Li, Z. (1990). Census Report of the Potash deposit in Kunteyi, Lenghu Town, Qinghai Province. *Delingha: The Qinghai Qaidam comprehensive geological survey unit* [in Chinese].
21. Li, H., Yang, J., Xu, Z., Sun, Z., Tapponnier, P., & Van Der Woerd, J. (2006). The Constraint of the Altyn Tagh Fault System to the Growth and Rise of the Northern Tibetan Plateau. *Earth Sci. Front.*, 13 (4). P. 59–79 [in English].
22. Li, M. H., Fang, X. M., Galy, A., Wang, H. L., Song, X. S., & Wang, X. X. (2020). Hydrated sulfate minerals (bloedite and polyhalite): formation and paleoenvironmental implications. *Carbonates and Evaporites*, 35 (4). P. 1–12 [in English].



23. Liu, C., Ma, L., Jiao, P., Sun, X., & Chen, Y. (2010). Chemical Sedimentary Sequence of Lop Nur Salt lake in Xinjiang and its Controlling Factors. *Mineral. Deposits*, 29 (4). P. 625–630 [in English].
24. Lowenstein, T.K., Li, J., & Brown, C.B. (1998). Paleotemperatures From Fluid Inclusions in Halite: Method Verification and a 100,000 Year Paleotemperature Record, Death Valley, CA. *Chem. Geol.*, 150. P. 223–245 [in English].
25. Meng, F.-W., Ni, P., Yuan, X.-L., Zhou, C.-M., Yang, C.-H., & Li, Y.-P. (2013). Choosing the Best Ancient Analogue for Projected Future Temperatures: A Case Using Data from Fluid Inclusions of Middle-Late Eocene Halites. *J. Asian Earth Sci.*, 67–68. P. 46–50 [in English].
26. Pan, J., Li, H., Sun, Z., Liu, D., Wu, C., & Yu, C. (2015). Tectonic Response in the Qaidam basin Induced by Cenozoic Activities of the Altyn Tagh Fault. *Acta Petrol.*, 31 (12). P. 3701–3712 [in English].
27. Perthuisot, J.-P. (1971). Recent Polyhalite from Sebkha El Melah (Tunisia). *Nat. Phys. Sci.*, 232. P. 186–187 [in English].
28. Niu, X., Jiao, P., Cao, Y., Zhao, Y., & Liu, B. (2015). The Origin of Polyhalite and its Indicating Significance for the Potash Formation in the Bieletan Area of the Qarhan Salt lake, Qinghai. *Acta Geol. Sin.*, 89 (11). P. 2087–2095 [in English].
29. Wang, S., & Zheng, M. (2014). Discovery of Triassic Polyhalite in Changshou Area of East Sichuan Basin and its Genetic Study. *Mineral. Deposits*, 33 (5). P. 1045–1056 [in English].
30. Wang, M., Yang, Z., Liu, C., Xie, Z., Jiao, P., & Li, C. (1997). Potash Deposits and Their Exploitation Prospects of saline Lakes of the north Qaidam Basin. *Beijing: Geological Publishing House* [in Chinese].
31. Wei, H. (1987). On Syngeneses, Diagenesis, Anadiagenesis and Supergene Alteration of Triassic gypsum Salt in Quxian, Sichuan. *Acat Sedimentol. Sin.*, 5 (4). P. 56–65 [in English].
32. Wei, X., Shao, C., Wang, M., Zhao, D., Cai, K., & Jiang, J. (1993). Material Constituents, Depositional Features and Formation Conditions of Potassium-Rich Salt Lakes in Western Qaidam Basin. *Beijing: Geological Publishing House* [in Chinese].
33. Yin, A., Rumelhart, P. E., Butler, R., Cowgill, E., Harrison, T. M., & Foster, D. A. (2002). Tectonic History of the Altyn Tagh Fault System in Northern Tibet Inferred from Cenozoic Sedimentation. *Geol. Soc. America Bull.*, 114 (10). P. 1257–1295 [in English].
34. Zhang, P. (1987). Salt Lakes in Qaidam Basin. *Beijing: Science Press* [in Chinese].
35. Zhang, Y., & Xuan, Z. (1996). Economic Evaluation of Potassium and Magnesium Solid deposit in Kunteyi and Mahai Salt Lake of Qinghai Province. *J. Salt Lake Sci.*, 4 (1). P. 36–45 [in English].
36. Zhang, X., Fan, Q., Li, Q., Du, Y., Qin, Z., Wei, H., & Shan, F. (2019). The Source, Distribution, and Sedimentary Pattern of K-Rich Brines in the Qaidam Basin, Western China. *Minerals*, 9. 655. 17 pages [in English].
37. Zhao, Y. J., Liu, C. L., Zhang, H., Li, Z. Q., Ding, T., & Wang, M. Q. (2015). The controls of paleotemperature on potassium salt precipitation in ancient salt lakes. *Acta Petrologica Sinica*, 31 (9). P. 2751–2756 [in English].

Стаття надійшла до редакції 02.05.2024

Стаття прийнята до друку 24.06.2024



## PHYSICAL AND CHEMICAL CONDITIONS OF THE FORMATION OF POLYHALITE IN THE NORTHWESTERN PART OF THE QAIDAM BASIN, CHINA

**Anatoliy Galamay<sup>1</sup>, Yurii Sadovyi<sup>2</sup>, Fanwei Meng<sup>3</sup>, Dariia Sydor<sup>1</sup>**  
*galamaytolik@ukr.net, ysadovyi@gmail.com, fwmeng@isl.ac.cn, dariiasydor@gmail.com*

<sup>1</sup>*Institute of Geology and Geochemistry of Combustible Minerals, NAS of Ukraine, 3A, Naukova St., Lviv, Ukraine, 79060*

<sup>2</sup>*State Institution State Scientific Research and Design Institute of Basic Chemistry (NIOCHIM),*

*25, Myronosytska St., Kharkiv, Ukraine, 61002*

<sup>3</sup>*Nanhu Campus, China University of Mining and Technology, No. 1, Daxue Road, Xuzhou, Jiangsu Province, China*

Polyhalite deposits at Kuntei Playa in the Qaidam Basin in China have been known for many years. However, the mechanism of formation of these deposits is still unclear. In this study, a typical section of these deposits in the northwestern part of the basin is selected for a comprehensive analysis of polyhalitic deposits, which includes sedimentological, mineralogical and thermobarogeochemical studies.

The following was established: 1. The temperature of bottom brines during the formation of deposits in the lower part of the studied section ranged from 30.8 to 80.2°C. Obviously, the features of sedimentogenesis, in particular, the transformation of gypsum→polyhalite, are associated with the temperature regime of bottom brines during sediment accumulation; 2. According to thermobarogeochemical data, the gypsum deposition (gypsum salting out) was the cause of mixing of fresh waters enriched in Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> with concentrated sulfate brines of the basin at the stage of sedimentogenesis, which, under the action of dense bottom brine, turned into polyhalite. This mechanism of polyhalite formation was the main one in the studied area. This is confirmed by a natural increase in the percentage of clastic components with a simultaneous increase in the percentage of polyhalite and gypsum, and vice versa a decrease in clastic components with an increase in the percentage of halite and a decrease in the percentage of polyhalite and gypsum in the sediment section; 3. The morphology of polyhalite formations indicates that this mineral was also formed at the bottom of the sedimentation basin during the unloading of pore and intercrystalline brines of chemogenic-terrigenous sediments that were compacted; 4. Relics of potassium-magnesium minerals in the studied samples and the increased magnesium content in the brines of secondary inclusions in halite do not exclude the possibility of the occurrence of part of polyhalite due to the replacement of sylvine and carnalite during the influx of calcium with solutions from nearby oil deposits.

*Key words:* polyhalite, fluid inclusions, halite, homogenization temperature.