

**Дарія СИДОР**

Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України, Львів,  
e-mail: igggk@mail.lviv.ua

## **ГЕОХІМІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ПЕРМСЬКОГО ГАЛОГЕНЕЗУ СХІДНОЄВРОПЕЙСЬКОЇ ПЛАТФОРМИ**

Пермський період в історії фанерозою є винятково грандіозним етапом соленагромадження за його інтенсивністю та масштабами. Соленосні відклади формувалися в таких супербасейнах, як Східно- і Центральноєвропейський та Мідконтиненту (Північна Америка). Мінеральний склад калійних покладів зумовлений сульфатним хімічним типом розсолів пермських евапоритових басейнів, що і визначає геохімічну унікальність пермського морського галогенезу.

Детально досліджено розрізи солей нижньопермського Східноєвропейського басейну в Передуральському прогині, Прикаспійській синеклізі, Двінсько-Сухонській і Дніпровсько-Донецькій западинах нижньопермського Східноєвропейського басейну. Встановлено, що розсоли всіх досліджених пермських евапоритових басейнів на стадії осадження галіту належали до Na–K–Mg–Cl–SO<sub>4</sub>-типу і мали понижений вміст іона SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> порівняно із сучасною згущеною морською водою. На фоні цього загального пониженого вмісту йона SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> спостерігається чітка закономірність: його вміст зменшується від асельського і сакмарського до кунгурського віку, досягаючи мінімальних значень у кунгурському віці за всю історію пермського галогенезу.

Морська генеза солей регіону, у цілому, підтверджена результатами дослідження вмісту бром у галіті (0,003–0,016 мас. %) й ізотопного складу сульфатної сірки ( $\delta^{34}\text{S}$ ) в ангідриті (+11,2...+13,7 ‰).

*Ключові слова:* пермський галогенез, евапоритовий басейн, Східноєвропейська платформа, седиментаційні включення в галіті, хімічний склад океанічної води.

**Вступ.** Пермський період в історії фанерозою є винятково грандіозним етапом соленагромадження за його інтенсивністю і масштабами. Соленосні відклади формувалися в таких супербасейнах, як Східно- та Центральноєвропейський і Мідконтиненту (Північна Америка). Характерною особливістю пермських евапоритових відкладів є наявність потужних покладів калійно-магнієвих солей хлоридно-сульфатного складу, натомість для евапоритів інших періодів фанерозою (крім пермі та неогену) характерні поклади калійних солей хлоридного складу. Мінеральний склад калійних покладів зумовлений сульфатним хімічним типом розсолів пермських евапоритових басейнів, що і визначає геохімічну унікальність пермського морського галогенезу. Встановлена особливість пермського галогенезу висвітлюється в цій роботі на основі узагальнення фактичного матеріалу, як літературного, так і отриманого автором із реконструкції хімічного складу океанічної води пермського періоду за складом флюїдних включень у седиментаційному галіті евапоритових відкладів. Результати вивчення хімічного складу розчинів первинних

включень у шевроновому галіті дають прямі дані про склад розсолів у басейнах. Аналізували геохімічні дослідження цілої низки пермських евапоритів: асельських і сакмарських – Дніпровсько-Донецької западини (ДДЗ) України; сакмарських – Двінсько-Сухонського басейну Росії; кунгурських – Солікамського і Прикаспійського басейнів Росії; цехштейнових басейнів Польщі та Росії; формацій Саладо (татарський вік) і Веллінгтон (артинський вік) Мідконтиненту.

**Еволюція галогенезу та дискусійні питання генези солей.** Незважаючи на достатню геологічну та геохімічну вивченість галогенних відкладів у цілому і пермських зокрема, багато питань їхньої генези залишаються дискусійними, особливо про основне джерело солей. Причина його виникнення пов'язана із необхідністю пояснення різноманітного мінерального і хімічного складу калійних солей, зокрема існування калієносних відкладів хлоридно-сульфатного і хлоридного складу, оскільки при згущенні сучасної океанічної води повинні формуватися калійні солі хлоридно-сульфатного складу. Проте, як зазначає Л. А. Харді (Hardie, 1990), наявність сульфатних калійних солей евапоритів фанерозою є швидше винятком, аніж правилом. Отже, для з'ясування цього феномена слід припускати, що у фанерозої відбувалася хімічна еволюція морської води або існували додаткові джерела надходження сульфат-іона евапоритових басейнів.

У наукових поглядах довгий час домінували ідеї, згідно з якими хімічний склад вод океану вважався майже незмінним, а кристалізацію калійних солей хлоридного типу пов'язували із т. зв. метаморфізацією (змінami хімічного складу) морських вод безпосередньо в евапоритових (або підготовчих) басейнах під впливом континентального стоку або підземних хлоркальцієвих розсолів (Borchert, 1959; Braitsch, 1962; Валяшко, 1962; Страхів, 1962). Також зміну складу розсолів у басейнах міг спричинити значний вплив таких процесів, як сульфат-редукція та доломітизація підстилаючих вапняків (Ayora et al., 1994).

Слід зазначити, що ідеї хімічної еволюції вод океану у фанерозої, які базувалися на даних про вікові зміни мінерального складу калійних солей (Кореннов, 1977; Казанський, 1977; Яншин, 1988; Жарков, 1984) свого часу не були підтримані, бо не мали чіткого пояснення причин процесів, які викликали саме такі зміни.

Суттєво інші думки у своїх працях висловлювали В. І. Созанський (Созанський, 1973) та Н. М. Джинорідзе (Джинорідзе, 1987). Провідну роль у формуванні сольового складу розсолів евапоритових басейнів вони відводили ендогенним (ексгальційним) процесам. Подібних уявлень дотримувався також Л. А. Харді, при цьому він надавав особливо важливого значення у формуванні евапоритів (зокрема, розміщених у зонах рифтових структур) гідротермальним хлоркальцієвим розсолам (Hardie, 1990). Дещо пізніше цей учений обґрунтував ідею вікової хімічної еволюції вод океану у фанерозої (прогнозовані зміни хімічного складу вод океану узгоджувалися в часі із відповідними змінами в складі калійно-магнієвих солей), яка, за його припущеннями, контролювалася швидкістю циркуляції гідротермальних розсолів через серединно-океанічні хребти і залежала від швидкості спредингу океанічного дна (Hardie, 1996).

Ідею періодичної вікової зміни хімічного складу розсолів евапоритових басейнів у фанерозої розробив О. Й. Петриченко (1988) за результатами дослідження первинних включень у седиментаційному галіті, але її не пов'язували з відповідними змінами у складі океанічної води. Першу кількісну модель зміни складу океанічної води у фанерозої побудував В. М. Ковалевич (Ковалевич, 1987, 1990<sub>1</sub>; Kovalevich et al., 1998; Ковалевич, Вовнюк, 2010). За нею в хімічній еволюції океану встановлено два мегацикли (палеозойський і мезозой-кайнозойський), коли води океану наприкінці кожного циклу досягали сульфатного складу (перм–тріас, неоген), а хлоркальцієвого – на всіх інших етапах, починаючи з раннього кембрію.

Відомі дослідники евапоритів (Holland et al., 1996; Oscillations..., 2001; Zimmermann, 2001; Holland, 2003; Secular..., 2003; The major-ion..., 2005) також схиляються до думки про суттєву хімічну еволюцію вод океану у фанерозої, але при цьому значну роль у зміні складу розсолів відводять ще й доломітизації вапняків у підготовчих басейнах.

Аналізуючи в цілому погляди щодо основного джерела солей і можливих причин вікових змін складу калійно-магнієвих солей, зазначимо, що на сьогодні більшість дослідників схиляються до думки про визнання вікових змін хімічного складу океанічної води у фанерозої, оскільки встановлені глобальні мінералого-геохімічні закономірності евапоритів неможливо пояснити впливом локальних чинників на склад розсолів у кожному із басейнів. У нашому випадку визнання еволюційних змін у складі океанічної води є дуже важливим, оскільки при вирішенні питання генези пермських солей обираємо для порівняння воду пермського (а не сучасного) океану. Цей підхід дозволяє, з одного боку, оцінити масштаби впливу континентальних вод на склад розсолів у пермських басейнах, а з іншого – уточнити уявлення про склад вод пермського океану. Але враховуючи, що склад океанічної води протягом пермського періоду дещо змінювався, спочатку зупинимось на характеристиці пермського морського галогенезу в цілому, на фоні якого краще проявляються висвітлені далі геохімічні особливості галогенезу Східноєвропейської платформи.

**Геохімічна унікальність пермського морського галогенезу.** В історії фанерозою перм є одним із найграндіозніших етапів соленагромадження: галогенні відклади формувалися в таких супербасейнах, як Східно-, Центральноєвропейський і Мідконтиненту. Особливою ознакою пермських евапоритових відкладів є наявність потужних покладів калійно-магнієвих солей хлоридно-сульфатного складу, натомість евапоритам інших періодів фанерозою (крім пермі і неогену) властиві поклади калійних солей переважно тільки хлоридного складу. Мінеральний склад калійних покладів зумовлений сульфатним хімічним типом розсолів пермських евапоритових басейнів, що і визначає геохімічну унікальність пермського морського галогенезу.

Особливості будови і просторового розміщення пермських солених відкладів детально досліджені та висвітлені в роботах (Іванов, Воронова, 1972; Кореневский, 1973; Жарков, 1974; Мерзляков, 1979; Высоцкий и др., 1988; Sholle et al., 1995 та ін.).

Галогенні відклади найбільшого із трьох супербасейнів – Східноєвропейського, поширені майже по всьому розрізу пермі і займають площу понад

1,5 млн км<sup>2</sup>, а їхні максимальні потужності досягають 7–8 км. Мінеральний склад калійних покладів представлений сильвіном, карналітом, каїнітом, лангбейнітом, кізеритом, полігалітом, леонітом.

Для Центральноєвропейського басейну найстаршу товщу кам'яної солі встановлено у складі “червоного лежня” (теригенних утворень) нижньої пермі. У розрізі верхньої пермі (цехштейну) виділяється п'ять соленосних серій: Верра, Стасфурт, Лейне, Аллер та Оре. В основу їхнього виокремлення покладено принцип циклічності соленагромадження в послідовності від теригенних утворень, карбонатів і сульфатів до кам'яної та калійних солей. Соленосні відклади займають площу понад 770 тис. км<sup>2</sup> із максимальними потужностями 1,0–1,5 км. Типовими мінералами калієносних відкладів є сильвін, карналіт, каїніт, лангбейніт, полігаліт, кізерит.

Евапоритові відклади басейну Мідконтиненту поширені від північної до південної границі США і встановлені на п'яти стратиграфічних рівнях пермі, досягаючи потужностей до 5 км. Ці товщі характеризуються великою літологічною мінливістю, спричиненою фаціальними змінами та розмаїттям породотворних мінералів. Калійні солі зосереджені в основному у формації Саладо. Основними мінералами покладів калійних солей є сильвін, карналіт, каїніт, лангбейніт, полігаліт, кізерит.

Наявність калійних солей хлоридно-сульфатного складу в цих супербасейнах підтверджує уявлення про кристалізацію солей із морської води, близької за складом до сучасної. Однак кожний із суббасейнів мав специфічні палеогеографічні і геологічні умови нагромадження солей, які, безсумнівно, впливали на склад розсолів (Жарков, 1984; Sholle et al., 1995 та ін.). Тому сульфатний склад солей пермських евапоритових формацій не є абсолютно витриманим; одним з важливих винятків є виключно хлоридний склад солей Солікамського басейну (Сидор, 1998), зумовлений впливом локальних процесів.

Оскільки морське походження евапоритів вказаних регіонів, за даними багатьох дослідників (Валяшко, 1962; Соннефельд, 1980; Петриченко, 1988; Ковалевич, 1990), не викликає сумнівів, то захоплені в первинних включеннях у шевроновому галіті мікрокраплини розсолів розглядаються як важливе джерело інформації про хімічний склад океанічної води в пермі. Водночас, результати досліджень цих включень дозволяють встановити вплив локальних чинників на склад розсолів у басейнах. Слід зазначити, що соленосні відклади характеризуються доброю збереженістю первинних седиментаційних форм галіту – перистих і кубічних кристалів, структура яких “вирисувана” зонально розміщеними рідкими включеннями (рис. 1).

Для реконструкції складу вод пермського океану використовували дані, отримані із зразків нижніх частин розрізів, які підстиляють калійні солі, для яких концентрація розсолів була ще відносно низькою. За аналізами розсолів, згущених до більш високих концентрацій, іноді неможливо відновити склад морської води, що надходила в басейн, оскільки з початком осадження калійно-магнієвих солей суттєво змінюється співвідношення йонів у розсолах басейнів (Kovalevich et al., 1998; Zimmermann, 2000).

Аналізи розсолів включень у галіті евапоритових формацій Центральної та Східної Європи проводилися в основному з допомогою ультрамікрохімічного методу, розробленого О. Й. Петриченко (1973); у галіті з евапоритів

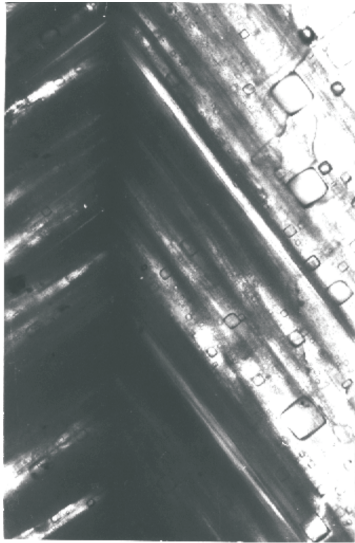


Рис. 1. Зональна структура “ялинки” симетричної будови в зернах седиментаційного галіту. Солікамський басейн, Верхньокамське родовище, підстилаюча кам’яна сіль (св. 1027, гл. 347,2 м),  $\times 60$ .

Північної Америки – з допомогою покращеного електронно-спектроскопічного (ESEM-EDS) методу (Timofeeff et al., 2000). Контрольні аналізи для частини проб виконано за методикою рентгенівського аналізу заморожених включень із використанням електронної мікроскопії (метод Cryo-SEM-EDS (Ayoga et al., 1994)). При аналізі і зіставленні даних про склад розсолів окремих басейнів пермського віку, висвітлених у дослідженнях (Chemiczna..., 2000; Сидор, 1998; The major-ion..., 2005; Вовнюк, 2007 та ін.), орієнтуємося на середні значення вмісту основних іонів ( $K^+$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $SO_4^{2-}$ ) у розсолах кожного з басейнів на стадії седиментації галіту із підстилаючих товщ кам’яної солі (таблиця, рис. 2).

Геохімічні умови формування солей суббасейнів (за флюїдними включеннями в шевроновому галіті) вивчені неоднаково. Для нижньопермського Східноєвропейського басейну детально досліджені розрізи солей Передуральського прогину, Прикаспійської синеклізи, Двінсько-Сухонської западини і ДДЗ (Петриченко, Сливко, 1973; Условья..., 1981; Московский, 1983, 2000; Ковалевич, 1985; Ковалевич и др., 1985; Петриченко, 1988; Сидор, 1998). У цілому, за цими даними, встановлено, що розсоли досліджених пермських евапоритових басейнів Східної Європи на стадії осадження галіту належали до Na–K–Mg–Cl– $SO_4$ -типу та характеризувалися пониженим вмістом іона  $SO_4^{2-}$  порівняно із сучасною морською водою. На тлі цього загального пониженого вмісту спостерігається чітка закономірність: його вміст зменшується в напрямі від асельського і сакмарського до кунгурського віку, досягаючи в кунгурському часі найнижчого вмісту за всю історію пермського галогенезу (див. таблицю, рис. 2, тчк. 3, 4, 6–9). Зазначимо, що розсоли одновікових басейнів, зокрема сакмарських ДДЗ та Двінсько-Сухонської западини та кунгурських Передуральського прогину і Прикаспійської синеклізи, характеризувалися дуже близьким співвідношенням іонів. Це може свідчити про відносно невеликий вплив неморських вод на склад розсолів у басейнах.

Морську генезу солей регіону, загалом, підтвердили результати дослідження вмісту бромю в галіті та ізотопного складу сульфатної сірки ( $\delta^{34}S$ )

Середній вміст іонів у розсолах первинних включень у седиментаційному галіті на початковій стадії осадження солей у пермських евапоритових басейнах

Вік, формація, басейн	Концентрація йонів, г/л			Одиниці (індекси) Ієнеке			За даними
	K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	K	Mg	SO <sub>4</sub>	
Очоан (татарський вік), Саладо, Делавер, США	8,5	30,5	20,5	6,7	79,1	13,5	(Ковалевич, 1987; Lazar, Holland, 1988; The composition..., 1991)
Цехштейн (татарський вік), Польща, Росія	9,6	33,5	23,3	7,1	79,0	13,9	(Ковалевич, 1990; Reyt, Kovalevich, 1996; Evolution..., 2002; Вовнюк, 2007)
Кунгурський вік, Солкамський басейн, Росія	10,2	26,2	4,5	8,9	86,6	4,5	(Ковалевич и др., 1985; Сидор, 1998)
Кунгурський вік, Прикаспійський басейн, Росія	14,3	47,7	6,13	8,5	88,4	3,1	(Условия..., 1981)
Артинський вік, Веллінгтон, Канзас, США	12,1	51,5	8,6	6,5	89,7	3,8	(The composition..., 1991)
Сакмарський вік, Двінсько-Сухонський басейн, Росія	6,7	18,4	11,5	9,6	80,7	9,7	(Петриченко, 1988)
Сакмарський вік, крамагорська світа, ДДЗ, Україна	6,9	21,7	10,0	8,1	81,6	10,3	(Ковалевич, 1985; Evolution..., 2002)
Асельський вік, слов'янська світа, ДДЗ, Україна	9,6	32,7	13,0	7,9	83,5	8,6	(Петриченко, Сливко, 1973)
Асельський вік, микитівська світа, ДДЗ, Україна	6,2	31,35	11,3	5,5	86,2	8,3	(Ковалевич, 1985; Evolution..., 2002)
Сучасна морська вода, згущена до початку осадження галіту	3,9	12,6	17,6	6,7	68,9	24,4	(McCaffrey et al., 1987)

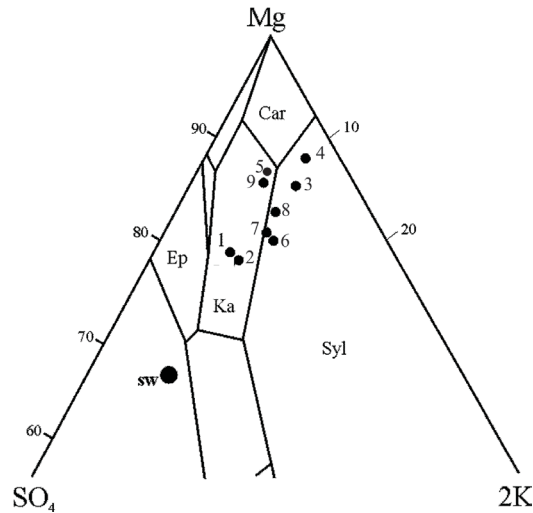


Рис. 2. Середній вміст іонів у розчинах первинних включень у седиментаційному галіті (згідно з таблицею) пермських басейнів (діаграма Ієнеке (Zimmermann, 2000) п'ятикомпонентної системи  $\text{Na-Ka-Mg-SO}_4\text{-Cl-H}_2\text{O}$  за температури  $25\text{ }^\circ\text{C}$ ). SW – сучасна морська вода, насичена галітом. Поля стабільності: Car – карналіту; Ep – епсоміту; Ka – каїніту; Syl – сильвіну. Точки: 1 – очоан, формація Саладо; 2 – цехштейн, Польща, Росія; 3 – кунгурський вік, Солікамський басейн; 4 – кунгурський вік, Прикаспійський басейн; 5 – артинський вік, формація Веллінгтон; 6 – сакмарський вік, Двінсько-Сухонський басейн; 7 – сакмарський вік, краматорська світа, Дніпровсько-Донецька западина (ДДЗ); 8 – асельський вік, слов'янська світа, ДДЗ; 9 – асельський вік, микитівська світа, ДДЗ.

в ангідриті (Evolution..., 2002). Дещо понижена нижня межа вмісту бром у галіті (до 0,0015 мас. %) доводить імовірність часткового перевідкладення солей у басейнах під впливом свіжих порцій морських вод.

Для Центральноєвропейського супербасейну досліджено декілька розрізів цехштейнових евапоритових формацій (у яких товщі кам'яної солі позначені індексами від Na1 до Na4 відповідно), розвинутих у суббасейнах Прибалтики (Польща, Литва, Росія) та Західної Польщі (Ковалевич, 1990; Kowalewicz, 1992; Peryt, Kovalevich, 1996; Chemiczna..., 2000; Геохімічні..., 2004). Результати аналізів свідчать, що седиментація солей усіх досліджених цехштейнових евапоритових серій проходила в басейнах із сульфатним типом розсолів, близьким за складом до сучасної морської води, згущеної до відповідної стадії. Відносний вміст іона  $\text{SO}_4^{2-}$  у розсолах басейнів, порівняно з кунгурським етапом, значно зріс, досягнувши найвищого рівня в історії пермського галогенезу, хоча й залишався дещо нижчим від вмісту цього йона в сучасній згущеній морській воді (див. таблицю, рис. 2, тчк. 2). Вміст бром у галіті із некалієносних інтервалів близький до його нормальних значень для евапоритів морського походження, хоча так само, як і в солях Східноєвропейського басейну, окремі проби характеризуються його пониженим вмістом (до 0,003 мас. %). Отже, і тут слід припускати часткове перевідкладення солей у процесі їхньої седиментації. Дані за ізотопним складом сірки і кисню в ангідриті (Ковалевич, Вітик, 1995; Геохімічні..., 2004) повністю вкладаються в рамки значень, властивих пермським евапоритам морської генези (Claypool et al., 1980).

Для басейну Мідконтиненту (формація Саладо, суббасейн Делавер, очоан (татарський ярус) та формація Веллінгтон артинського віку) досліджено хімічний склад розчинів включень: у ранньодіагенетичному галіті – методом іонної хроматографії (Lazar, Holland, 1988; The composition..., 1991), у седиментаційному галіті – методом ультрамікрохімічного аналізу (Ковалевич, 1990; The major-ion..., 2005), і встановлено сульфатний тип розсолів із співвідношенням вмісту основних компонентів, близьким до їхнього співвідношення в розсолах включень у галіті цехштейнових евапоритів (див. таблицю, рис. 2, тчк. 1, 5).

Отже, за даними вивчення флюїдних включень у седиментаційному галіті, розсоли всіх досліджених пермських евапоритових басейнів (Східної та Центральної Європи та Мідконтиненту) на стадії осадження галіту належали до сульфатного типу. Під час нагромадження солей у кожному із басейнів відбувалися деякі зміни хімічного складу розсолів (які, однак, не виходили за межі сульфатного типу) під впливом локальних чинників (перевідкладення солей, припливу метеорних вод та ін.). Розсоли ранньопермських басейнів (асельського і сакмарського віків) характеризувалися середнім вмістом іона  $\text{SO}_4^{2-}$  – 10,0–13,0 г/л, який у кунгурський час досягав мінімальних значень (4,5–6,2 г/л), а в процесі нагромадження солей цехштейну – максимальних (20,5–36,1 г/л) (рис. 3; див. рис. 2).

За даними геохімічних досліджень галіту пермських солей Центральної та Східної Європи (Вовнюк, 2007), також встановлено зміни другого порядку у складі розсолів цих басейнів, як наслідок відповідної глобальної еволюції океанічної води упродовж пермського періоду. Спостерігається поступове зростання відносного вмісту йона  $\text{SO}_4^{2-}$  від карбону до сакмарського віку пермі, потім його зниження до кунгурського віку та повторне зростання до татарського віку (цехштейн), і нарешті, поступове зниження протягом усього триасового періоду аж до переходу в хлоркальцієвий тип з наближенням до юри.

Комплекс проведених досліджень вмісту бромиду в галіті (0,003–0,016 мас. %) й ізотопного складу сульфатної сірки ( $\delta^{34}\text{S}$ ) в ангідриті (+11,2...+13,7 ‰) евапоритових басейнів Центральної та Східної Європи підтверджує думку, що основним джерелом солей була морська вода (Evolution..., 2002).

Глобальний і спрямований характер виявлених закономірностей свідчить про те, що палеогеографічні умови соленагромадження в кожному окремому басейні мали підпорядкований вплив на склад розсолів. Вважаємо, що основним джерелом живлення більшості давніх солеродних басейнів була океанічна вода, періодичні вікові зміни якої і спричинили хімічну еволюцію галогенезу.

У свою чергу, хімічна еволюція океанічної води була зумовлена швидкістю спредингу океанічного дна і супроводжувалася закономірними змінами геологічних процесів земної кори у фанерозої: етапами існування кальцитових та арагонітових морів; зміною в часі рівня океану, маси вулканогенних й осадових порід, змінами ізотопного складу деяких елементів (S, O, Sr, C); еволюцією біосфери, швидкістю нагромадження органічної речовини, а також характером розподілу розвіданих запасів нафти і газу в осадових породах (Ронов, 1964; Яншин, 1988; Veizer et al., 1999 та ін.). Для пермського галогенезу, у цілому, було характерне зменшення швидкості спредингу океанічного дна, зниження рівня океану, континенталізація й аридизація клімату, затухан-



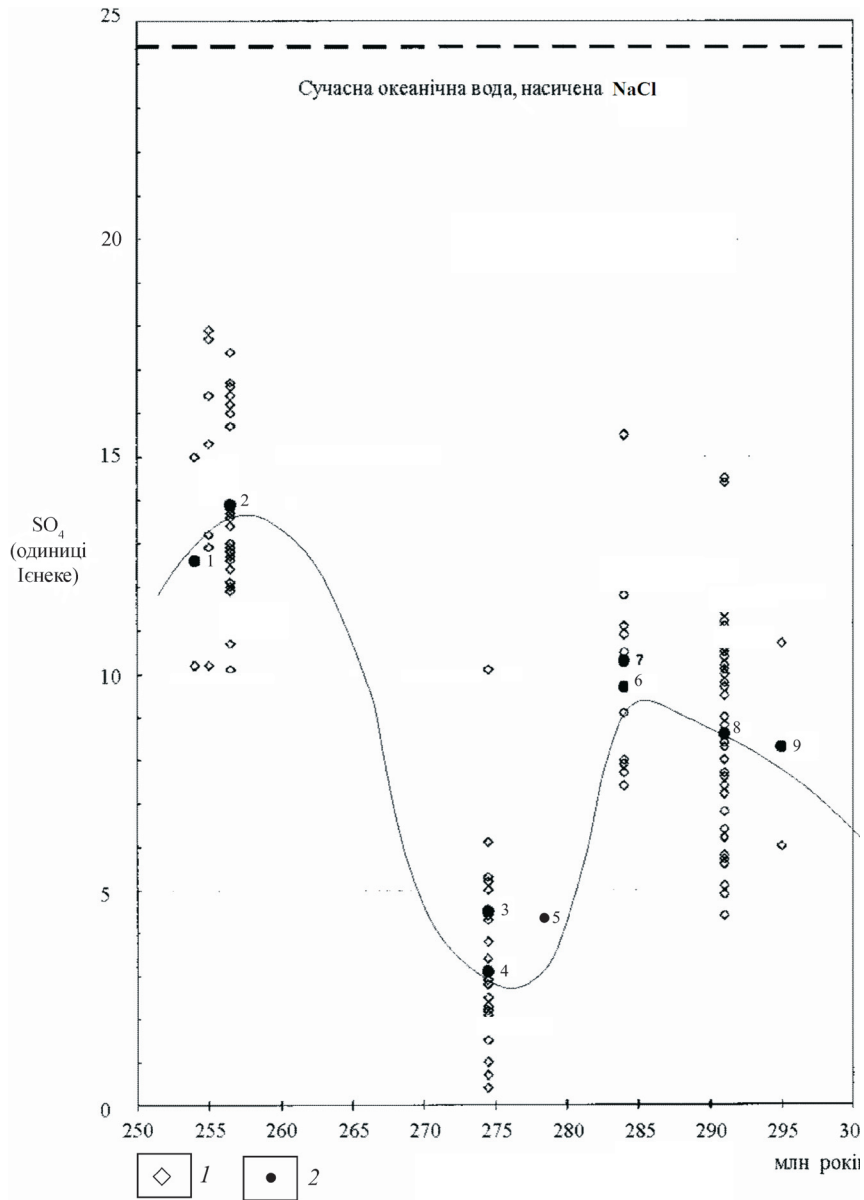


Рис. 3. Зміна вмісту йона SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> (одиниці Тенеке) у розсолах пермських евапоритових басейнів:

1 – вміст йона SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> у розсолах включень основних досліджених проб; 2 – середній вміст йона SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>.

ня ендегенної діяльності, зниження вмісту CO<sub>2</sub> та підвищення O<sub>2</sub> в атмосфері, деяке послаблення інтенсивності розвитку органічного світу (Ковалевич, 1990<sub>1</sub>). Еволюція цих процесів привела до зміни хімічного складу вод Світового океану, що і визначило геохімічну специфіку пермських евапоритів.

**Особливості формування евапоритів Східноєвропейської платформи.** Геологічна вивченість пермських евапоритових відкладів Східноєвропейської платформи досить висока (Хрущов, 1971; Иванов, Воронова, 1972; Кореневский, 1973; Жарков, 1974; Высоцкий и др., 1988; Московский, 2000 та ін.).

За цими дослідженнями, найбільш давня асельська соленаосна серія залягає тільки в межах ДДЗ. Товщі солей сакмарського ярусу виявлені як у цій западині, так і у Двінсько-Сухонському басейні. Дуже широко на території Східної Європи розвинуті соленаосні серії кунгурського ярусу – вони знаходяться в багатьох районах Передуральського прогину і на всій території Прикаспійської синеклізи (Жарков, 1974) (рис. 4). Оскільки соляні басейни відрізняються за часом утворення, будовою і складом калійно-магнієвих солей, особливостями утворення хемогенних осадів, то вони належать до різних типів басейнів у запропонованих класифікаціях галогенних формацій (Хрущов, 1971; Корневский, 1973; Жарков, 1984 та ін.).

*Дніпровсько-Донецький басейн*, де нижньопермські хемогенні відклади простягаються смугою 560 км, за ширини 20–85 км, характеризується багатократністю процесів галогенезу з інтенсивним соленагромадженням у микитівській, слов'янській і краматорській світах.

Микитівська світа представлена чергуванням пластів кам'яної солі, теригенних і карбонатних порід; слов'янська – кам'яною сіллю й ангідритами з прошарками карбонатних та теригенних порід. У краматорській світі (сакмарський ярус) виявлені калієносні відклади, складені в основному сильвіном і карналітом, меншою мірою – полігалітом, каїнітом, лангбейнітом. Характер розрізу соляної товщі (перешарування хемогенних і теригенних порід) свідчить про мінливість умов седиментації солей.

Дослідженнями фізико-хімічних умов формування солей (Петриченко, Сливко, 1973; Ковалевич, 1985) встановлено, що розсоли басейну під час утворення микитівської світи мали таку концентрацію йонів (г/л, за усередненими даними):  $K^+$  – 6,2;  $Mg^{2+}$  – 31,35;  $SO_4^{2-}$  – 11,3 (див. таблицю, рис. 2, тчк. 9); слов'янської відповідно:  $K^+$  – 9,6;  $Mg^{2+}$  – 32,7;  $SO_4^{2-}$  – 13,0 (див. таблицю, рис. 2, тчк. 8), краматорської – на початкових стадіях осадження галіту:  $K^+$  – 6,9;  $Mg^{2+}$  – 21,7;  $SO_4^{2-}$  – 10,0 (див. таблицю, рис. 2, тчк. 7), на кінцевих стадіях осадження галіту:  $K^+$  – 18,2;  $Mg^{2+}$  – 38;  $SO_4^{2-}$  – 9,3 (Ковалевич, 1985).

Із концентруванням розсолів у міру осадження солей від микитівської до краматорської світ проявилися також еволюційні зміни їхнього хімічного складу – збільшення вмісту калію і сульфат-іона.

Низький вміст броду в кам'яній солі трьох світ, який коливається в межах 0,0032–0,0085 мас. %, зумовлений, очевидно, перевідкладенням солей. Значення ізотопного складу сульфатної сірки ( $\delta^{34}S$ ) в ангідриті – +11,77...+13,76 ‰, узгоджуються з літературними даними для морських сульфатів пермі (Claypool et al., 1980).

*Двінсько-Сухонський басейн* займає північно-східну частину Московської синеклізи, простягаючись на 600 км з півдня на північ та 250 км із заходу на схід. У розрізі нижньопермських відкладів басейну виділяються асельський та сакмарський яруси. Відклади асельського ярусу представлені морськими доломітами потужністю до 50 м; сакмарського ярусу (потужністю 180–200 м) діляться на три товщі: підсоляну, соляну, надсоляну. У підсоляних відкладах (потужністю 70–90 м) догори розрізом поступово карбонатні породи змінюються сульфатними. Соляна товща, потужністю до 47 м, містить 6 соляних пластів, розділених засоленими ангідритами. Потужність соляних пластів становить від 1,6 до 13 м. Надсоляна товща, потужністю

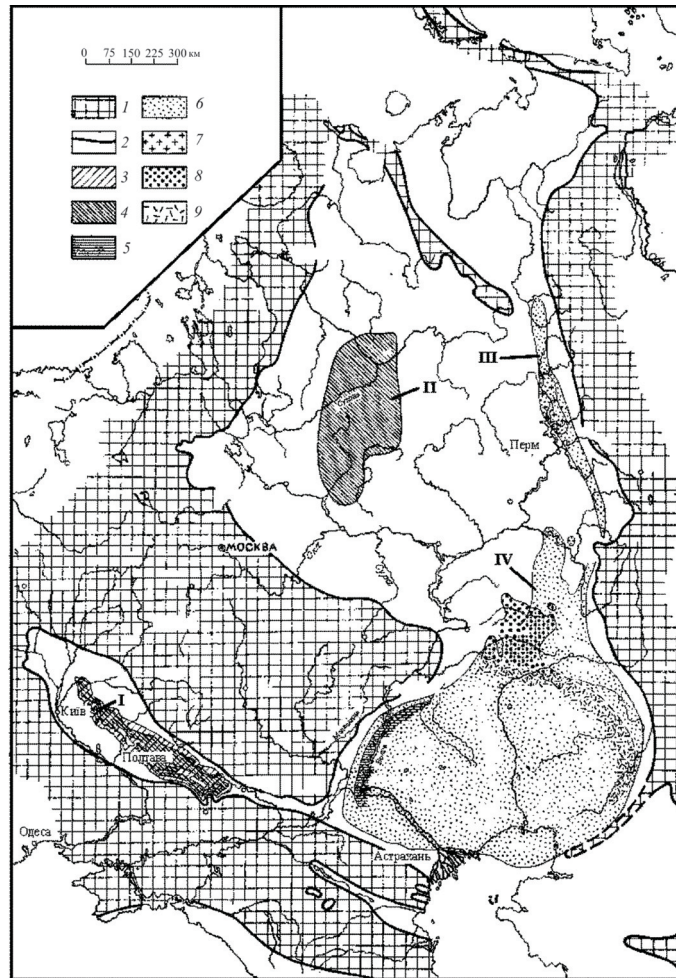


Рис. 4. Схема розташування пермських соленосних відкладів Східноєвропейського басейну (Жарков, 1974):

1 – райони відсутності пермських відкладів; 2 – границі поширення пермських відкладів. Райони поширення соленосних відкладів (за ярусами): 3 – асельського; 4 – сакмарського; 5 – артинського; 6 – кунгурського; 7 – уфімського; 8–9 – казанського (8 – встановлені, 9 – допустимі). Суббасейни: I – Дніпровсько-Донецький; II – Двінсько-Сухонський; III – Солікамський; IV – Прикаспійський.

51–69 м, складена в основному ангідритами із пропластками доломітів. Важливо зазначити, що в найбільш потужному пласті (РІІІ) кам'яної солі виявлені домішки таких мінералів, як лангбейніт і кізерит, що свідчить про сульфатний тип розсолів басейну. Згущення розсолів могло привести до осадження калійно-магнієвих солей хлоридно-сульфатного складу, але відносно невеликі масштаби басейну і розпріснення розсолів перешкождали формуванню покладів цих солей. За даними (Петриченко, 1988; Ковалевич, 1990<sub>1</sub>), розсоли басейну належали до сульфатного типу (див. рис. 2, тчк. 6), середній вміст іонів становив (г/л):  $K^+$  – 6,7;  $Mg^{2+}$  – 18,4;  $SO_4^{2-}$  – 11,5 (див. таблицю).

Вміст броду в галіті (0,0035 мас. %) близький до нижньої межі для пермських солей ДДЗ. Значення ізотопного складу сульфатної сірки ( $\delta^{34}S$ )

в ангідриті (+12,13...+12,71 ‰) вкладаються в рамки значень, характерних для пермських евапоритів морської генези (Evolution..., 2002).

*Прикаспійський басейн*, сформований у кунгурський час, має ритмічну будову соляної товщі, зумовлену періодичним згущенням та розпрісненням розсолів. Соленосні відклади залягають на карбонатно-сульфатних відкладах сакмарсько-артинського ярусу, і в них виокремлюють філіповський (сульфатно-карбонатний) та іренський (соленосний) горизонти. Калійні солі складені полігаліт-бішофітовими, карналіт- і сильвін-галітовими породами. Наявність бішофітових порід свідчить про сприятливі умови для нагромадження та збереження великих покладів цих легкорозчинних солей. Серед соленосних порід часто трапляються хомогенні відклади з каїнітом, лангбейнітом, полігалітом, кізеритом, глазеритом, леонітом і мінералами бору.

Галогенна седиментація в Прикаспійському басейні відбувалася за домінування сульфатних морських вод, частково метаморфізованих у прямому напрямі (Московский, 1983, 2000). Встановлений склад розсолів (див. таблицю, рис. 2, тчк. 4) із середньою концентрацією йонів (г/л):  $K^+$  – 14,3;  $Mg^{2+}$  – 47,7;  $SO_4^{2-}$  – 6,1 (Условия..., 1981), характеризується пониженим вмістом сульфатіона і цілком пояснює наявність у розрізі калійно-магнієвих солей сульфатного і хлоридного складу.

*Солікамський басейн* приурочений до однойменної западини Передуральського прогину, витягнутої на 250 км, за ширини 60–75 км. Кунгурський ярус у межах западини представлений філіповським та іренським горизонтами. Відклади філіповського горизонту, потужністю від 60 до 120 м, – переважно карбонатно-сульфатного складу. Вище залягає соляна товща іренського горизонту (березниківська світа). До складу світи входять такі товщі (знизу догори): глинисто-карбонатна сульфатно-соляна, підстилаючої кам'яної солі, калійних солей і покривної кам'яної солі. Розріз відкладів Верхньокамського родовища характеризується розвитком повного циклу соленагромадження, чіткою стратиграфічною будовою, доброю збереженістю первинно седиментаційних форм галіту. Калійна частина розрізу і верхня частина підстилаючої кам'яної солі мають чітку шарувату будову й окремі шари (навіть до річних) простежуються в межах усього родовища; калійні солі мають лише хлоридний склад і представлені двома товщами – сильвінітовою і сильвініт-карналітовою.

За даними геохімічних досліджень (Ковалевич и др., 1985; Сидор, 1998), реконструйовано склад розсолів басейну та встановлено, що на початковій стадії осадження галіту концентрація йонів становила (г/л):  $K^+$  – 10,2;  $Mg^{2+}$  – 26,2;  $SO_4^{2-}$  – 4,5 (див. таблицю, рис. 2, тчк. 3). Особливість розвитку складу цих розсолів полягає в тому, що осадження кам'яної солі починалося із розсолів сульфатного типу і лише при збільшенні концентрації до стадії осадження калійних солей відбулося їхнє повне знесульфачення.

Вміст бром у галіті коливається в межах 0,006–0,016 мас. % і в розрізі соляної товщі корелюється із вмістом K та Mg у розсолах включень (Sidor, 1997).

Результати визначення ізотопного складу сульфатної сірки ( $\delta^{34}S$ ) в ангідриті показали широкий інтервал коливань (від +11,07 до +20,77 ‰). При цьому для калієносною частини розрізу властиві нижчі значення (від +11,07 до +14,56 ‰) (Evolution..., 2002).

Отже, розсоли всіх евапоритових басейнів Східноєвропейської платформи на стадії осадження галіту належали до сульфатного типу і мали дещо понижений вміст іона  $\text{SO}_4^{2-}$  порівняно із сучасною морською водою, згущеною до відповідної стадії. Найнижчий вміст цього йона притаманний солеродним басейнам кунгурського віку, чим і пояснюється виключно хлоридний склад калійних солей Солікамського басейну. Без сумніву, майже повна втрата йона  $\text{SO}_4^{2-}$  розсолами цього басейну на високих стадіях їхнього згущення пов'язана із впливом локальних чинників.

Наведені результати дослідження первинних включень у галіті свідчать про геохімічну унікальність пермських морських евапоритових басейнів, яка полягає в сульфатному складі розсолів, що мало місце в історії фанерозою тільки двічі. Упродовж пермського періоду також відбувалися відносно невеликі вікові зміни складу розсолів, а на високих стадіях згущення на склад розсолів в окремих басейнах суттєво впливали локальні фактори (приплив неморських вод, сульфат-редукція, доломітизація вапняків та інші процеси).

*Валяшко М. Г.* Закономерности формирования месторождений солей. – М. : Изд-во МГУ, 1962. – 397 с.

*Вовнюк С. В.* Хімічний склад океанічної води пермського періоду за результатами дослідження включень у галіті морських евапоритів Центрально- та Східноєвропейського басейнів : автореф. дис. ... канд. геол. наук / ІГГК НАН України. – Львів, 2007. – 23 с.

*Высоцкий Э. А., Гарецкий Р. Г., Кислик В. З.* Калиеносные бассейны мира. – Минск : Наука и техника, 1988. – 387 с.

*Геохімічні особливості формування верхньопермських (цехштейнових) солей східної частини Центральноєвропейського басейну / С. В. Вовнюк, В. М. Ковалевич, Г. Чаповський, Д. В. Сидор // Геологія і геохімія горючих копалин. – 2004. – № 2. – С. 119–135.*

*Джиноридзе Н. М.* Геологические и физико-химические основы эксгалиационно-осадочного галогенеза // Изв. АН СССР. Сер. геол. – 1987. – № 3. – С. 122–131.

*Жарков М. А.* Палеозойские соленосные формации мира. – М. : Недра, 1974. – 392 с.

*Жарков М. А.* Эволюция галогенного осадконакопления в истории Земли // 27-я Междунар. геол. конф. (СССР, Москва, 4–14 авг. 1984 г.) : тез. докл. – М., 1984. – Т. 4 : Литология (осадочные породы). – С. 69–75.

*Иванов А. А., Воронова М. Л.* Галогенные формации. – М. : Недра, 1972. – 328 с.

*Казанский Ю. П.* Об изменении газового и солевого состава океанических вод // Геология и геофизика. – 1977. – № 8. – С. 56–66.

*Ковалевич В. М.* Физико-химические условия накопления солей нижнепермской галогенной формации Днепровско-Донецкой впадины // Эвапориты Украины : сб. науч. тр. – Киев : Наук. думка, 1985. – С. 33–44.

*Ковалевич В. М.* К проблеме эволюции состава океанической воды в фанерозое // Геохимия. – 1987. – № 11. – С. 1527–1536.

*Ковалевич В. М.* Галогенез и химическая эволюция океана в фанерозое. – Киев : Наук. думка, 1990<sub>1</sub>. – 152 с.

*Ковалевич В. М.* Физико-химические условия формирования цехштейновых галогенных отложений Прибалтики // Геология и геохимия соленосных отложений нефтегазоносных провинций : сб. науч. тр. – Киев : Наук. думка, 1990<sub>2</sub>. – С. 92–100.

*Ковалевич В. М., Вітик М. О.* Кореляція ізотопного складу сірки і кисню евапоритів з хімічним складом розсолів евапоритових басейнів фанерозою // Доп. НАН України. – 1995. – № 3. – С. 84–86.

*Ковалевич В. М., Вовнюк С. В.* Вековые вариации химизма морских эвапоритовых бассейнов и вод Мирового океана // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. – 2010. – № 4. – С. 50–64.

*Ковалевич В. М., Московский Г. А., Копнин В. И.* Химический состав рапы нижнепермских солеродных бассейнов Восточно-Европейского региона // Литолого-фациальные и геохимические проблемы соленакопления. – М. : Наука, 1985. – С. 203–211.

*Корневский С. М.* Комплекс полезных ископаемых галогенных формаций. – М. : Недра, 1973. – 300 с.

*Кореннов Ю. Ф.* Происхождение некоторых гидрогеологических особенностей подземных рассолов в связи с эволюцией солевого состава калиеносных эвапоритовых формаций и вероятным изменением химического состава Мирового океана в палеозое : автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук / МГУ им. М. В. Ломоносова. – М., 1977. – 17 с.

*Мерзляков Г. А.* Пермские соленосные бассейны Евразии. – Новосибирск : Наука, 1979. – 142 с.

*Московский Г. А.* Исследования физико-химических условий седиментации кунгурских галогенных отложений западной части Прикаспийской синеклизы по включениям в минералах : автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. – М., 1983. – 20 с.

*Московский Г. А.* Пермский галогенез Прикаспия : автореф. дис. ... д-ра геол.-минерал. наук. – Воронеж, 2000. – 36 с.

*Петриченко О. Й.* Методи дослідження включень у мінералах галогенних порід. – К. : Наук. думка, 1973. – 91 с.

*Петриченко О. И.* Физико-химические условия осадкообразования в древних солеродных бассейнах. – Киев : Наук. думка, 1988. – 128 с.

*Петриченко О. Й., Сливко Е. П.* Об условиях минералообразования в период формирования соленосных отложений Донбасса // Минерал. сб. Львов. геол. о-ва. – 1973. – Вып. 3. – С. 263–274.

*Ронов А. Б.* Общие тенденции в эволюции состава земной коры, океана и атмосферы // Геохимия. – 1964. – № 8. – С. 715–743.

*Сидор Д. В.* Геохімічні закономірності формування пермських соленосних відкладів Соликамського басейну // Геологія і геохімія горючих копалин. – 1998. – № 2 (103). – С. 42–51.

*Созанский В. И.* Геология и генезис соленосных образований. – Киев : Наук. думка, 1973. – 200 с.

*Сонненфельд П.* Рассолы и эвапориты / пер. с англ. – М. : Мир, 1980. – 480 с.

*Страхов Н. М.* Основы теории литогенеза : в 3 т. – М. : АН СССР, 1962. – Т. 3. – 550 с.

*Условия седиментации кунгурских галогенных отложений Куйбышевского За-волжья (по результатам изучения включений в минералах) / Ф. И. Ковальский, Г. А. Московский, О. П. Румянцева, А. М. Гилетин // Строение и условия образования соленосных формаций. – Новосибирск : Наука, 1981. – С. 29–32.*

*Хрущов Д. П.* Літологія і калієносність соляних відкладів Дніпровсько-Донецької западини. – К. : Наук. думка, 1971. – 190 с.

*Янишин А. Л.* Эволюция геологических процессов в истории Земли. – Л. : Наука, 1988. – 40 с.

*Ayora C., Garcia-Veigas J., Pueyo J. J.* X-ray microanalysis of fluid inclusions and its application to the geochemical modeling of evaporite basins // Geochim. Cosmochim. Acta. – 1994. – Vol. 58. – P. 43–55.

*Borchert H.* Ozeane Salzlagerstätten. – Berlin : Gebrüder Bornträger, 1959. – 237 s.

*Braitsch O.* Entstehung und Staffbestand der Salzlagerstätten. – Berlin : Springer-Verlag, 1962. – 232 s.

*Brine-mineral reactions in evaporite basins: implications for the composition of ancient oceans* / C. Ayora, D. I. Cendon, C. Taberner, J. J. Pueyo // *Geology*. – 2001. – Vol. 29. – P. 251–254.

*Chemiczna ewolucja solanek cechsztyńskich basenów ewaporatowych Polski: badania inkluzji fluidalnych w halicie z poziomów soli Na1–Na4* / V. M. Kovalevych, G. Czarpowski, S. Hałas, T. M. Peryt // *Przegl. Geol.* – 2000. – T. 48. – N 5. – S. 448–454.

*Claypool G. E., Holser W. T., Kaplan I. R.* The age curves of sulfur and oxygen isotopes in marine sulfate and their mutual interpretation // *Chem. Geol.* – 1980. – Vol. 28. – P. 199–260.

*Evolution of Permian seawater: evidence from fluid inclusions in halite* / V. M. Kovalevych, T. M. Peryt, V. Carmona et al. // *N. Ib. Miner. Abh.* – 2002. – Vol. 178. – N 1. – P. 27–62.

*Hardie L. A.* The roles of rifting and hydrothermal CaCl<sub>2</sub> brines in the origin of potash evaporites: A hypothesis // *Am. J. Sci.* – 1990. – Vol. 290. – P. 43–106.

*Hardie L. A.* Secular variation in seawater chemistry: An explanation for the coupled secular variation in the mineralogies of marine limestones and potash evaporites over the past 600 m. y. // *Geology*. – 1996. – Vol. 24. – P. 279–283.

*Holland H. D.* The geologic history of seawater // *The Oceans and Marine Geochemistry (Treatise on Geochemistry 6)* / ed. H. Elderfield. – Amsterdam : Elsevier, 2003. – P. 583–625.

*Holland H. D., Horita I., Seyfried W. E.* On the secular variations in the composition of Phanerozoic marine potash evaporites // *Geology*. – 1996. – Vol. 24. – P. 993–996.

*Kovalevich V. M., Peryt T. M., Petrichenko O. I.* Secular variation in seawater chemistry during the Phanerozoic as indicated by brine inclusions in halite // *Journ. of Geology*. – 1998. – Vol. 106. – P. 695–712.

*Kowalewicz W. M.* Fizykochemiczne warunki powstawania cechsztyńskich utworów solnych regionu bałtyckiego // *Przegl. Geol.* – 1992. – T. 40. – N 12. – S. 721–726.

*Lazar B., Holland H.* The analysis of fluid inclusions in halite // *Geochim. Cosmochim. Acta*. – 1988. – Vol. 52. – P. 485–490.

*McCaffrey M. A., Lazar B., Holland H. D.* The evaporation path of seawater and the coprecipitation of Br<sup>-</sup> and K<sup>+</sup> with halite // *J. Sediment. Petrol.* – 1987. – Vol. 57. – N 5. – P. 928–937.

*Oscillations in Phanerozoic seawater chemistry: Evidence from fluid inclusions* / L. K. Lowenstein, M. N. Timofeeff, S. T. Brennan et al. // *Science*. – 2001. – N 294. – P. 1086–1088.

*Peryt T. M., Kovalevich V. M.* Origin of anhydrite pseudomorphs after gypsum crystals in the oldest Halite (Werra, Upper Permian, northern Poland) // *Zbl. Geol. Paläont.* – 1996. – T. 1. – P. 337–356.

*Secular variation in seawater chemistry and the origin of calcium chloride basinal brines* / T. K. Lowenstein, L. A. Hardie, M. N. Timofeeff, R. V. Demicco // *Geology*. – 2003. – Vol. 31. – P. 857–860.

*Sholle P. A., Peryt T. M., Ulmer-Sholle D. S.* The Permian of Northern Pangea. – Berlin : Springer-Verlag, 1995. – Vol. 1. – 261 p. ; Vol. 2. – 312 p.

*Sidor D. V.* Ewolucja składu chemicznego solanek basenu solikamskiego (dolny perm, zapadlisko przeduralskie) // *Przegl. Geol.* – 1997. – T. 45. – N 11. – S. 1147–1150.

*The composition of Permian seawater* / J. Horita, T. J. Friedman, B. Lazar, H. D. Holland // *Geochim. Cosmochim. Acta*. – 1991. – Vol. 55. – P. 417–432.

*The major-ion composition of Permian seawater* / T. K. Lowenstein, M. N. Timofeeff, V. M. Kovalevych, J. Horita // *Ibid.* – 2005. – Vol. 69 (7). – P. 1701–1719.

*Timofeeff M. N., Lowenstein T. K., Blackburn W. H.* ESEM + X – ray EDS: an improved technique for major element chemical analysis of fluid inclusions // *Chem. Geol.* – 2000. – Vol. 164. – P. 171–182.

*Veizer I., Ala D., Azmy K.*  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ,  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{18}\text{O}$  evolution of Phanerozoic seawater // *Ibid.* – 1999. – Vol. 161. – P. 59–88.

*Zimmermann H.* Tertiary seawater chemistry – implications from primary fluid inclusions in marine halite // *American Journ. of Science.* – 2000. – Vol. 300. – P. 3–45.

*Zimmermann H.* On the origin of fluids in Phanerozoic marine halite, basic interpretation strategies // *Geochim. Cosmochim. Acta.* – 2001. – Vol. 65. – P. 35–45.

Стаття надійшла  
29.05.12

**Daria SYDOR**

### **GEOCHEMICAL FEATURES OF THE PERMIAN HALOGENESIS OF THE EAST EUROPEAN PLATFORM**

The Permian period is exceptionally grandiose stage of salt accumulations in the history of Phanerozoic. Salt-bearing deposits were formed in such superbasins as East European, Central European and Mid Continental (North America). The availability of thick series of abraum salts of chloride-sulphate composition is a characteristic feature of the Permian evaporite deposits too, whereas evaporite deposits of other periods of Phanerozoic (excepting Permian and Neogene) are characterized by deposits of potash salt of chloride composition almost exclusively. The mineral composition of potash deposits is conditioned by the sulphatic chemical type of salt brines of the Permian evaporite basins, and this determines the geochemical uniqueness of the Permian marine halogenesis.

Based on data of studies of fluid inclusions in sedimentary halite, salt brines of all studied Permian evaporite basins at a stage of halite sedimentation were classified as of sulphate type. In the process of salt accumulation in each of the basins occurred some changes in the chemical composition of salt brines under the influence of local factors (resedimentation of salts, influx of meteoric waters and so on) that, however, didn't come out the bounds of sulphate type. Salt brines of the most early Permian ancient basins (Asselian and Sakmarian age) were characterized by a medium content of  $\text{SO}_4^{2-}$ -ion: from 10.0 to 13.0 g/l which in the Kungurian time reached minimum values: from 4.5 to 6.2 g/l, and in the process of accumulation of Zechstein salts: maximum from 20.5 to 36.1 g/l.

The level of knowledge of geochemical conditions of salt forming of subbasins (based on inclusions in halite) is rather different. For the Lower Permian East-European basin, sections of salts in Uralian Foredeep, Caspian sineclise, Dvina-Sukhona and Dnieper-Donets depressions were studied in detail. It was established that salt brines of all studied Permian evaporite basins of Eastern Europe at a stage of halite sedimentation belonged to Na–K–Mg–Cl– $\text{SO}_4$ -types and were characterized by low content of  $\text{SO}_4^{2-}$ -ion in comparison with the marine water of today. At the same time, on the background of this total low content of  $\text{SO}_4^{2-}$ -ion distinct law-governed nature is developed in decrease of its content in the direction from the Asselian and Sakmarian to Kungurian time with reaching the least content of this ion in Kungurian age over the whole history of the Permian halogenesis. Salt brines of one-age basins, in particular Dnieper-Donets and Dvina-Sukhona depression and Kungurian Uralian Foredeep and Caspian sineclise were characterized by very close ratios of ions that testifies to relatively insignificant influence of non-marine waters upon the composition of brines in basins. As a whole marine genesis of salts in the region was confirmed by results of studies of bromine content in halite (0.003–0.016 mas.%) and isotopic content of sulphate sulphur ( $\delta^{34}\text{S}$ ) in anhydride (+11.2...+13.7 ‰).