

Дарія СИДОР

**ГЕОХІМІЧНІ УМОВИ ФОРМУВАННЯ  
НИЖНЬОПЕРМСЬКИХ СОЛЕЙ  
ДНІПРОВСЬКО-ДОНЕЦЬКОЇ ЗАПАДИНИ  
(ЗА ДАНИМИ ДОСЛІДЖЕНЬ ВКЛЮЧЕНЬ У ГАЛІТІ)**

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

Узагальнено і проаналізовано літературні і нові термобарогеохімічні дані щодо умов формування нижньопермських солей Дніпровсько-Донецької западини (ДДЗ) порівняно з раніше детально вивченими умовами утворення близьких за віком солей Солікамської западини (Передуральський прогин, Росія). Показано спорідненість фізико-хімічних умов формування солей у цих басейнах, що дозволяє прогнозувати серед нижньопермських відкладів ДДЗ наявність нових, ще нерозкритих покладів калійних солей хлоридного та сульфатно-хлоридного складу. Встановлено, що солі ДДЗ перекристалізувалися під дією значно метаморфізованих розчинів сульфатного типу, за підвищених температури (до 82 °С) і тиску (10–17 МПа).

*Ключові слова:* перм, соленосні відклади, галіт, включення, розчини, ультрамікрохімічний аналіз, температура гомогенізації, кристалізація, перекристалізація.

Незважаючи на достатньо високий рівень геолого-геохімічної вивченості галогенних відкладів загалом і пермських зокрема, дискусійними залишаються питання генези солей у цілому, хімічного складу розсолів та їхньої еволюції в процесі розвитку басейнів, фізико-хімічних умов седиментогенезу та перекристалізації солей.

Результати вивчення первинних включень у галіті свідчать про геохімічну унікальність пермських морських евапоритових басейнів, яка полягає в досягненні розсолами сульфатного складу. Встановлено, що сульфатний тип розсолів був характерний тільки для трьох етапів за останній 1 млрд років: пізнього неопротерозою, пермі–тріасу та неогену, а хлоркальцієвий – для решти періодів фанерозою та раннього неопротерозою (Вікові..., 2006).

Проведені (Ковалевич, Сидор, 1992; Сидор, 1992; Sidor, 1997; Сидор, 1998, 2002) детальні геохімічні дослідження солей Солікамського басейну, що вважаються класичним зразком реалізації фізико-хімічної теорії кристалізації солей в евапоритових басейнах, можна використовувати для встановлення закономірностей та пізнання умов формування і прогнозу мінерального складу калійних солей в інших басейнах цього віку, зокрема розміщених на території України. Такими, близькими за мінеральним складом і палеогеографічними умовами формування, але менш вивченими в аспекті термобарогеохімії, є нижньопермські калієносні відклади Дніпровсько-Донецької западини.

Зіставлення результатів геохімічного дослідження солей цих районів цікаве з точки зору подібності і відмінності умов соленагромадження, враховуючи їхнє деяке зміщення в просторі і часі, а також для реконструкції хімічного складу вод океану в пермі.

*Мета роботи* – встановити закономірності та особливості фізико-хімічних умов формування нижньопермських солей ДДЗ за новими та літературними даними з урахуванням результатів раніше проведених досліджень близьких за віком солей Солікамського басейну.

**Загальні риси геологічної будови басейну.** Згідно зі схемою зіставлення пермських відкладів Східноєвропейської платформи (Мерзляков, 1979), пермські соленосні відклади ДДЗ займають асельський і сакмарський яруси нижньої пермі. Їхня геологічна будова, палеогеографія, літологія, мінералогічно-петрографічні особливості, деякі питання геохімії достатньо вивчені (Хрущов, 1964, 1971; Галогенные..., 1968; Петриченко, Сливко, 1973; Жарков, 1974; Хрущов, Климов, 1975; Левенштейн и др., 1977; Мерзляков, 1979; Ковалевич, 1985; Высоцкий и др., 1988).

Дніпровсько-Донецький басейн – це западина, в основі якої знаходиться грабен, що простежується по поверхні кристалічного фундаменту і девонських утвореннях. Нижньопермські хомогенні відклади займають її значну територію (завдовжки 560 км, завширшки 20–85 км) (рис. 1). Структурний план підшови цих відкладів досить складний – виділяється низка западин і піднять другого порядку. У зв'язку з цим глибина залягання підшови хомогенних відкладів нижньої пермі змінюється від –700 до –5000 м. Най-

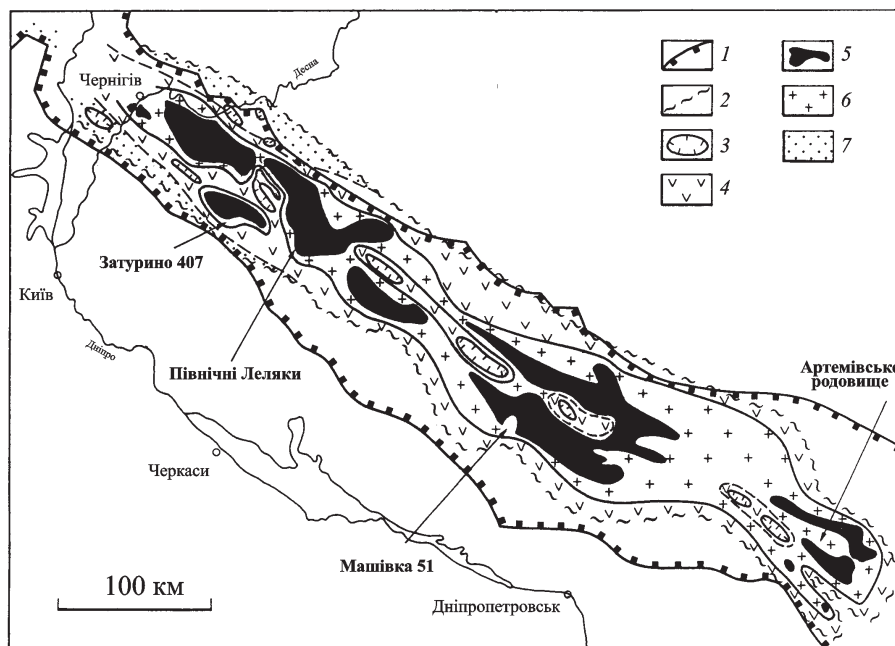


Рис. 1. Літолого-фаціальна картосхема нижньопермських відкладів Дніпровсько-Донецької западини і північно-західної окраїни Донбасу (Высоцкий и др., 1988): 1 – крайові розломи, що обмежують Дніпровсько-Донецьку западину; 2 – межа поширення нижньопермських відкладів; 3 – локальні зони відсутності нижньопермських відкладів; 4 – сульфатно-карбонатно-глиниста фація; 5 – поклади калійних солей; 6 – поклади кам'яної солі; 7 – теригенна фація.

крупнішими від'ємними структурами є Кальміус-Торецька і Бахмутська западини (південний схід), Орчиківська (центральна частина) і Кошелівсько-Сребненська (північний захід) депресії (Высоцкий и др., 1988). Найбільш детально розріз пермських відкладів досліджений у південно-східній частині ДДЗ, де вони виходять на поверхню і де з давніх-давен розробляють родовища кам'яної солі методом вилуговування, а з кінця ХІХ ст. – шахтним способом.

У межах западини нижньопермські відклади розділені на чотири світи (знизу догори): картамиську, микитівську, слов'янську, краматорську. Три нижні належать до асельського ярусу, а краматорська – до сакмарського.

Картамиська світа (мідистих пісковиків) представлена переважно червоноколірними теригенними відкладами (пісковиками, аргілітами, алевролітами) з прошарками доломітів, ангідритів. Її потужність змінюється від 10 м на північному заході до 1200 м на південному сході западини.

У складі микитівської, слов'янської і краматорської світ суттєву роль відіграють евапоритові утворення.

Микитівська світа складена, в основному, породами змішаного теригенно-хемогенного типу: глинами, карбонатами, ангідритами і кам'яною сіллю. Потужність відкладів становить від 10 м на північному заході до 150–300 м на південному сході, а пластів кам'яної солі – від декількох метрів до 80 м. Кам'яна сіль розвинута здебільшого в понижених структурах западини.

Слов'янська світа утворена хемогенними відкладами з породами теригенного типу: чергуванням пластів кам'яної солі й ангідритів з проверстками вапняків, доломітів і глин. Вона відзначається насиченістю розрізу солями і більшою загальною потужністю: від 14–100 м на північному заході до 600–900 м на південному сході. У її складі розвинуті підбрянцівський (від 13–40 до 90 м), брянцівський (40–90 м) і надбрянцівський (10–30 м) пласти кам'яної солі, що розкриті шахтами.

Завершує товщу нижньопермських соленосних відкладів краматорська світа. Її потужність змінюється від 150 до 900 м. Від попередніх світ вона відрізняється підвищеною насиченістю солями (до 90 %) і наявністю калійних солей хлоридно-сульфатного і хлоридного типу. У розрізі відкладів світи виявлено п'ять калійних горизонтів потужністю до 30 м, складених сильвіном, карналітом, кизеритом, епсомітом, бішофітом, полігалітом, лангбейнітом.

Нижні горизонти калійних покладів представлені кизерит-карналітовими і бішофітовими породами, які по простяганню фаціально заміщуються полігалітовими породами з домішками кизериту. Середні горизонти складені сильвініт-галітовими породами, верхні – карналітовими. Потужність проверстків кам'яної солі коливається від 1,5 до 30 м.

Калійні породи тільки на невеликих площах у межах південно-східної частини басейну залягають на глибинах менш ніж 1000 м. В основному, глибина залягання – понад 1200 м, що ускладнює експлуатацію покладів і знижує їхню економічну цінність.

Загальна потужність нижньопермської галогенної формації досягає 340 м на північному заході і 1650 м на південному сході западини. Тектонічна будова відкладів значно ускладнена проникненням девонських солей, що утворюють підняття і штоки. Деякі з цих штоків формувалися під час нагромаджен-

ня пермських солей. Ранньопермський солеродний басейн ДДЗ являв собою крайове, вузьке, мілководне відгалуження обширної регресуючої внутрішньоконтинентальної морської водою Східноєвропейської плити (Страхов, 1962).

Складний ритм тектонічних рухів обумовив багатократне чергування порід різного складу; утворення калійно-магнієвих солей пов'язане з періодами максимального згущення розсолів, які виникали неодноразово. Будова розрізу і мінеральний склад соленосної товщі ДДЗ (перешаровування соляних порід з пластами ангідриту, глин, карбонатів) відрізняються від більш однорідних за складом відкладів Солікамської западини, які утворилися внаслідок єдиного односпрямованого циклу галогенезу.

Характерними особливостями формування калійних солей є розвиток прошарків бішофіту в нижньому калійному горизонті (розсоли досягали стадії евтоніки) і переважаючий розвиток карналітових порід у нижніх частинах розрізів, а сильвінітів – у верхніх.

**Седиментаційний етап формування відкладів.** Галітові породи басейну значною мірою зберігають первинно-седиментаційну будову: верстувату текстуру, ізометрично-зернисту структуру і первиннозональну мікроструктуру зерен галіту (Хрушов, 1971).

Винятково збереженою типовою седиментаційною формою галіту є перисті структури (завдовжки до 3 см), у яких, серед основної маси дрібних, трапляються окремі включення гігантських розмірів (до 500 мкм) (Московський, 1983). Подібні утворення притаманні відкладам Солікамського басейну.

На основі досліджень флюїдних включень у седиментаційному галіті встановлено, що розчини на стадії осадження галіту належали до Na-K-Mg-Cl-SO<sub>4</sub> типу з пониженим вмістом сульфат-іона порівняно із сучасною згущеною морською водою (Петриченко, Сливко, 1973; Петриченко и др., 1976; Сливко, Петриченко, 1977; Ковалевич, 1985).

Досить чітку і закономірну картину послідовного згущення розсолів у процесі осадження солей від микитівської до краматорської світ по всій території басейну отримав В. М. Ковалевич (1985). За його усередненими даними, розсоли басейну під час формування микитівської світи мали низьку концентрацію йонів (г/л): K<sup>+</sup> – 6,2; Mg<sup>2+</sup> – 31,35; SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> – 11,3, що відповідає початковим етапам осадження галіту і узгоджується з даними про відсутність ознак калієності відкладів.

Сульфатний склад розчинів, що проявився з початком пермського періоду, свідчить про різку зміну фізико-хімічних умов нагромадження солей порівняно з девонським часом, у якому розсоли басейну мали хлоркальцієвий склад. За даними В. С. Шайдецької (1984), вміст йонів у розчинах включень галіту девонського віку становив (г/л): K<sup>+</sup> – 2,0–50,0; Mg<sup>2+</sup> – 20,0–50,0; Ca<sup>2+</sup> – 37,0–150,0; SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> – відсутній. Різний хімічний склад розсолів девонського і пермського солеродних басейнів сприяв також прояву специфічних особливостей аутигенних мінералів: у девонській кам'яній солі основні аутигенні мінерали (як домішки) представлені карбонатами (доломітом, кальцитом), у пермській – ангідритом (Петриченко і ін., 1976).

Середній вміст йонів у розчинах включень у седиментаційному галіті слов'янської світи також низький (г/л): K<sup>+</sup> – 9,6; Mg<sup>2+</sup> – 32,7; SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> – 13,0.

Тільки в одному випадку (св. Машівка-51, гл. 3025,0 м) виявлено (Ковалевич, 1985) високу концентрацію йонів (г/л):  $K^+$  – 37,5;  $Mg^{2+}$  – 62,0;  $SO_4^{2-}$  – 25,5, близьку до початку стадії осадження сильвіну; мікротекстура цього мінералу встановлена в зразку. Існує деяка закономірність у зміні вмісту йонів у розрізах пластів Артемівського родовища: у розрізах підбрянцівського і брянцівського пластів вміст йонів збільшується знизу догори, натомість у надбрянцівському – навпаки (Ковалевич, 1985). Два нижні пласти солей за співвідношенням йонів у розсолах включень близькі до солей микитівської світи, а надбрянцівський пласт відрізняється різким збільшенням вмісту калію і зменшенням – магнію, що наближує його до відкладів солей краматорської світи. Сульфатність розчинів у включеннях у галіті брянцівських пластів загалом була суттєво нижчою за сульфатність сучасної, згущеної до відповідної стадії, океанічної води. Контрольні аналізи, виконані методом EDS, показали добру кореляцію з наведеними вище даними (Evolution..., 2002).

Наявність калійних солей у краматорській світі свідчить про досягнення розсолами високих стадій осолонення. За хімічним складом розсоли на високих стадіях згущення відзначалися ще більшим вмістом калію і відносно меншим сульфат-іона (г/л):  $K^+$  – 18,2;  $Mg^{2+}$  – 38;  $SO_4^{2-}$  – 9,3. На початкових стадіях осадження галіту вміст йонів становив (г/л):  $K^+$  – 6,9;  $Mg^{2+}$  – 21,7;  $SO_4^{2-}$  – 10,0 (Ковалевич, 1985).

Отже, за даними В. М. Ковалевича (1985), виявлені зміни в співвідношенні компонентів відображають еволюцію складу розсолів басейну, що полягає в збільшенні концентрації калію і зниженні вмісту сульфат-іона. Хімічний склад розсолів ніколи не змінювався до хлоридного; сильвін і карналіт осаджувалися із розчинів з пониженим вмістом сульфат-іона, на відміну від розсолів Передуральського прогину, де пройшло їхнє повне обезсульфачення.

Розглядаючи особливості розвитку розсолів загалом і враховуючи положення фігуративних точок їхнього складу на діаграмі Єнеке (рис. 2, точки 2–4), зазначимо, що від сучасної океанічної води розсоли відрізнялися в основному пониженим вмістом сульфат-іона, тобто також були метаморфізованими в прямому напрямку, хоч і не настільки сильно, як розсоли Солікамського басейну (див. рис. 2, точка 1). Завдяки відносно високому вмісту калію, фігуративні точки складу цих розсолів на діаграмі розмістилися в полі кристалізації сильвіну. У випадку “сонячних” (метастабільних) рівноваг, досліджених М. Г. Валяшко (1962), могли осаджуватися сильвін і карналіт. Осадження солей сульфатного складу було можливе при переході метастабільних рівноваг у стабільні, коли могли утворюватися каїніт і полігаліт. Отже, можна говорити, що мінеральний склад виявлених калійних покладів відповідає такому, який прогнозується на основі дослідження хімічного складу розсолів включень, а також стверджувати про перспективність виявлення нових покладів калійно-магнієвих солей хлоридного і сульфатного складу.

Для з'ясування питань генези солей досліджували розподіл бромів у галіті й ізотопний склад сірки в ангідриті. У роботі (Галогенные..., 1968) детально схарактеризовано розподіл вмісту бромів (приблизно 2000 аналізів) по розрізу евапоритової товщі басейну. Зокрема, встановлено його досить низький вміст (0,0032–0,0085 мас. %) у кам'яній солі всіх трьох світ.

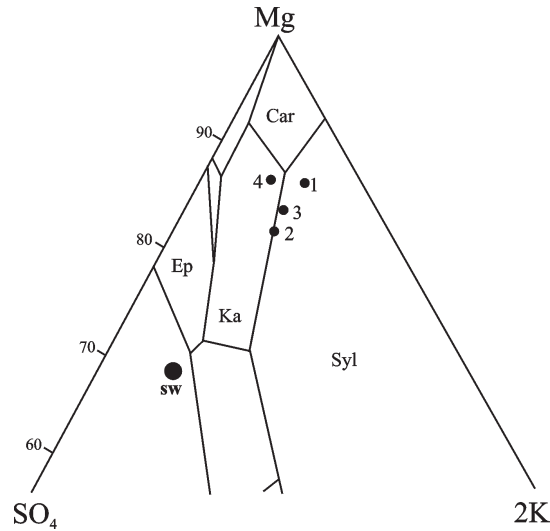


Рис. 2. Середній вміст іонів у розсолах первинних включень у седиментаційному галіті в пермських басейнах (діаграма Енеке для системи K–Mg–SO<sub>4</sub>, за  $t = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ): SW – сучасна морська вода, насичена по галіту. Поля стабільності: Car – карналіту, Ep – епсоміту, Ka – каїніту, Syl – сильвіну. Границі фаз за (Zimmermann, 2000). Точки: 1 – кунгурський вік, Солікамський басейн (Сидор, 1998); 2 – сакмарський вік, краматорська світа, Дніпровсько-Донецький басейн (Ковалевич, 1985); 3 – асельський вік, слов’янська світа, Дніпровсько-Донецький басейн (Петриченко, Сливко, 1973); 4 – асельський вік, микитівська світа, Дніпровсько-Донецький басейн (Ковалевич, 1985).

В. М. Ковалевич зі співавторами (Evolution..., 2002) наводять нові дані щодо вмісту бромю в галіті (0,0045–0,0086 мас. %; один аналіз показав значно більший вміст – 0,0125 мас. %) й ізотопного складу сульфатної сірки. Оскільки мінімальний вміст бромю в галіті, що кристалізується з морської води, – 0,0065–0,0075 мас. % (Валяшко, 1956; Holser, 1979), а концентрація розсолів досягала середніх і кінцевих етапів стадії осадження галіту, то вміст бромю в басейні явно занижений. Очевидно, це спричинено процесами перевідкладення солей на стадії седиментогенезу під впливом свіжих порцій морської води або метеорних вод (Holser, 1979). У басейні, крім того, могли частково розчинятися солі девонських діапірів.

Значення ізотопного складу сульфатної сірки (у межах від +11,77 до +13,76 ‰) повністю узгоджуються з літературними даними для морських сульфатів пермі (The age..., 1980).

Отже, проведені дослідження підтверджують уявлення про те, що основним джерелом солей у басейні була морська вода. Водночас, на склад розсолів басейну суттєво могли впливати процеси перевідкладення більш давніх солей, а також стоки континентальних вод.

**Фізико-хімічні умови перекристалізації солей.** За даними дослідження О. Й. Петриченка та О. П. Сливко (1973), встановлено, що соляні відклади басейну зазнавали місцями значної перекристалізації під дією метаморфізованих розсолів з концентрацією іонів (г/л): K<sup>+</sup> – 19,5; Mg<sup>2+</sup> – 43,0; Ca<sup>2+</sup> – 0,3; SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> – 28,0. Особливо це стосується соляних відкладів підбрянцівського пласта Артемівського родовища. Газово-рідкі включення в галіті свідчать про підвищені тиск (11–17 МПа) і температуру (60 °C), за яких перекристалізувалися соляні породи.



За проведеними нами дослідженнями встановлено фізико-хімічні умови перекристалізації кам'яної солі слов'янської і краматорської світ (св. 407-Затурино, 51-Машівка, 1-Північні Леляки). За відкладами краматорської світи досліджувався крупнокристалічний водяно-прозорий галіт, зерна якого (0,5–1,5 см) іноді зцементовані у своєрідну породу – “гранатку” (св. 407-Затурино, гл. 2649–2651 м). У периферії зональних “ялинок” спостерігаються відносно крупні (80–100 мкм) включення з газовим пухирцем і кристаликами-в'язнями сильвіну, карналіту, зрідка бішофіту; у водяно-прозорому галіті слов'янської світи – як правило, крупні поодинокі включення неправильної форми з газовим пухирцем і кристаликом-супутником ангідриту. Наявність газового пухирця у включеннях (відносний об'єм якого не перевищує 1 %) є типовою як для шевронових структур, так і для перекристалізованого галіту із глибоких горизонтів (понад 800 м). Очевидно, що такі пухирці утворюються через розгерметизацію включень унаслідок перегріву галіту, зумовленого значною глибиною залягання порід. Температура гомогенізації таких включень, зазвичай, відповідає або близька до теперішньої температури на відповідних глибинах. При нагріванні таких препаратів, із включеннями в шевронових структурах галіту слов'янської світи, газовий пухирець зникає за температури 36–42 °С, а в перекристалізованих різновидах – 30–63 °С (табл. 1). Температура часткової гомогенізації (зникнення газового пухирця) включень (із кристаликами-в'язнями сильвіну, карналіту, бішофіту) у перекристалізованому галіті краматорської світи становить 30–53 °С, а повної гомогенізації (із розчиненням кристаликів-в'язнів) – 70–82 °С (див. табл. 1).

Т а б л и ц я 1. Температура гомогенізації включень у седиментаційному і перекристалізованому галіті слов'янської і краматорської світ ДДЗ

Світа	Прив'язка (свердловина; глибина, м)	Температура гомогенізації, °С (інтервал)	Кількість визначень	Характеристика включень
Краматорська	407-Затурино 2649–2651	30–53	12	Рідкі, з газовим пухирцем (перекристалізований галіт)
		70–82	12	Рідкі, з кристаликами-в'язнями сильвіну, карналіту або бішофіту (перекристалізований галіт)
Слов'янська	1-Північні Леляки 1954,0	38–42	15	Рідкі, з газовим пухирцем (седиментаційний галіт)
	1962,0	36–39	8	”
	51-Машівка 2812,0	30–34	4	Рідкі, з газовим пухирцем (перекристалізований галіт)
	2825,0	36	10	Рідкі, з газовим пухирцем (седиментаційний галіт)
	3016,0	60–63	12	Рідкі, з газовим пухирцем (перекристалізований галіт)

Діаметр газового пухирця при розчиненні галіту водою збільшується у 2–3, іноді 4–5 разів. У цих газОВО-рідких включеннях за кімнатної температури приблизний тиск – 10 МПа.

Хімічний склад розчинів включень у перекристалізованому галіті слов'янської світи, порівняно із седиментаційними розчинами, характеризується дещо збільшеним вмістом (г/л)  $K^+$  – до 25,6;  $Mg^{2+}$  – до 61,0 і зменшеним  $SO_4^{2-}$  – до 1,2; натомість краматорської світи – пониженим вмістом (г/л)  $K^+$  – до 0,5;  $SO_4^{2-}$  – до 1,3 і суттєво збільшеним  $Mg^{2+}$  – до 109,5 (табл. 2).

Отже, процеси перекристалізації в соляній товщі в досліджених інтервалах проходили під значним впливом метаморфізованих розчинів, температури – до 82 °С і тиску – 10–17 МПа.

Проаналізувавши вищенаведений матеріал, який свідчить про досягнення розсолами басейну високих концентрацій, можна прогнозувати наявність нових покладів калійних солей у ДДЗ. Враховуючи результати аналізів розчинів включень, їхній мінеральний склад повинен бути, в основному, сильвін-карналітовим; можлива наявність солей сульфатного складу, бо вміст сульфат-іона в розсолах був достатньо високим.

Оскільки процеси постседиментаційного мінералоутворення солей ДДЗ і Соликамського басейну проходили в схожих умовах (Сидор, 1999), розроблені нами термобарогеохімічні критерії ідентифікації тектонічно ускладнених зон (складчастості і розривних порушень) і зон “збіднення” (зміна мінерального складу калійних солей за простяганням рудних пластів (галітизація сильвініту)) Верхньокамського родовища можуть бути використані для виявлення подібних утворень у Дніпровсько-Донецькому басейні. Попередніми геохімічними дослідженнями (Сидор, 2002) встановлено, що зони найбільш інтенсивної перекристалізації порід – зони тектонічних дислокацій та “збіднення” – відзначаються більш значним ступенем перетворення мінералів. Діагенетичний галіт у них характеризується екстремальною концентрацією розчинів і високою газонасиченістю. Солі перекристалізувалися за підвищених температури (30–96 °С, за середнього значення 70 °С) і тиску (до 20 МПа). Критерієм визначення таких зон може бути наявність у перекристалізованому галіті включень з вуглеводнями.

Таблиця 2. Склад розчинів включень у перекристалізованому галіті слов'янської і краматорської світ ДДЗ

Світа	Прив'язка (свердловина; глибина, м)	Вміст, г/л		
		$K^+$	$Mg^{2+}$	$SO_4^{2-}$
Краматорська	1-Північні Лесяки			
	1922	0,5–0,8	97,5–109,5	2,7
	407-Затурино			
	2646	1,5	90,0	4,8
	2648	4,6	76,2	1,3
	2649–2651	2,1–3,3	61,1–86,0	сліди
Слов'янська	51-Машівка			
	2825	21,3–25,6	36,0	4,2
	3032	13,4	61,0	сліди
	407-Затурино			
	2896	1,0	12,6	1,2



**Висновки.** За геохімічними дослідженнями (Петриченко, Сливко, 1973; Петриченко, и др., 1974; Сливко, Петриченко, 1977; Ковалевич, 1985; Ковалевич и др., 1985) встановлено, що відклади кам'яної солі асельського і сакмарського віків ДДЗ формувалися із розсолів сульфатного типу, які дуже близькі за складом до розсолів кунгурського басейну Солікамської западини, хоча й відрізнялися трохи підвищеним відносним вмістом іона  $\text{SO}_4^{2-}$ . За нашими даними, дуже подібними були фізико-хімічні умови постседиментаційної перекристалізації солей в обох басейнах. Отже, з одного боку, результати зіставлення умов седиментації і перекристалізації солей в обох басейнах дозволяють передбачити можливі зміни мінерального складу калійних солей на ділянках з тектонічно ускладненою будовою пермських евапоритів ДДЗ, а з іншого – прогнозувати в ДДЗ можливість відкриття нових покладів калійно-магнієвих солей хлоридно-сульфатного складу, які є досить дефіцитними серед евапоритів фанерозою. Крім того, слід враховувати можливість відкриття нових покладів бішофіту – важливої магнієвої сировини.

*Валяшко М. Г.* Геохимия брома в процессах галогенеза и использование содержания брома в качестве генетического и поискового критерия // Геохимия. – 1956. – № 6. – С. 33–48.

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

*Вікові зміни хімічного складу океанічної води та їхній вплив на формування галогенних і бітумінозних відкладів /* О. Петриченко, В. Ковалевич, А. Побережський і ін. // Геологія і геохімія горючих копалин. – 2006. – № 3–4. – С. 97–118.

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

*Галогенные формации северо-западного Донбасса и Днепровско-Донецкой впадины /* С. М. Корневский, В. П. Бобров, К. С. Супрунюк, Д. П. Хрущов. – М. : Недра, 1968. – 238 с.

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

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

*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.

*Ковалевич В. М., Сидор Д. В.* Микровключенные углеводороды в каменной соли Соликамской впадины и их генетическая информативность // Геологія і геохімія горючих копалин. – 1992. – № 1 (78). – С. 89–95.

*Левенштейн М. Л., Груба В. И., Конашов В. Г.* Соленосная формация перми Донбасса (условия накопления и полезные ископаемые) // Проблемы соленакопления. – Новосибирск : Наука, 1977. – Т. 2. – С. 101–105.

*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.

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

*Петриченко О. И., Сливко Е. П., Шайдецька В. С.* О составе рапы древних соленосных бассейнов на территории Украины // Геология и полезные ископаемые соленосных толщ. – Киев : Наук. думка, 1974. – С. 73–77.

*Петриченко О. Й., Сливко О. П., Шайдецька В. С.* Мінералого-геохімічні ознаки відмінності різновікової кам'яної солі Дніпровсько-Донецької западини // Доп. АН УРСР. Сер. Б. – 1976. – № 9. – С. 778–781.

*Сидор Д. В.* Температурні особливості перекристалізації калійних солей Верхньокамського родовища // Геологія і геохімія горючих копалин. – 1992. – № 4 (81). – С. 65–70.

*Сидор Д. В.* Геохімічні закономірності формування пермських соленосних відкладів Солікамського басейну // Там само. – 1998. – № 2 (103). – С. 42–51.

*Сидор Д. В.* Геохимические условия постседиментационного преобразования солей Предуралья и Днепровско-Донецкой впадины по данным исследования включений в минералах // Тез. докл. IX Междунар. конф. по термобарогеохимии (18–22 окт. 1999 г.). – Александров : ВНИИСИМС, 1999. – С. 167–169.

*Сидор Д. В.* Фізико-хімічні умови формування покладів калійних солей пермських галогенних відкладів Східноєвропейської платформи (на прикладі Верхньокамського родовища) : автореф. дис. ... канд. геол. наук. – Львів, 2002. – 19 с.

*Сливко Е. П., Петриченко О. И.* Физико-химические условия образования соленосных формаций Украины // Проблемы соленакопления. – Новосибирск : Наука, 1977. – Т. 1. – С. 155–158.

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

*Хрущов Д. П.* Калийно-магнезиальные соли галогенных формаций Днепровско-Донецкой впадины // Геол. журн. – 1964. – Вып. 6. – № 24. – С. 18–32.

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

*Хрущов Д. П., Климов М. А.* Соленосные формации Украины // Осадочные и осадочно-вулканогенные формации Украины и связанные с ними полезные ископаемые. – Киев : Наук. думка, 1975. – С. 83–91.

*Шайдецька В. С.* Физико-химические условия образования девонской каменной соли в северо-западной части Днепровско-Донецкой впадины : автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. – Львов, 1984. – 29 с.

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

*Holser W. T.* Trace elements and isotopes in evaporites. Marine Minerals // Mineral. Soc. Am. Rev. Miner. – 1979. – Vol. 6. – P. 295–346.

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

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

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

Стаття надійшла  
02.06.09

**Daria SYDOR**

**GEOCHEMICAL CONDITIONS OF THE FORMATION  
OF THE LOWER PERMIAN SALT DEPOSITS  
OF THE DNEIPER-DONETS DEPRESSION  
(BASED ON DATA OF RESEARCHES OF INCLUSIONS IN HALITE)**

In the paper we have generalized and subjected literary and new thermobarogeochemical data related to the formation conditions of the Lower Permian salt of the Dnieper-Donets Depression to a critical analysis compared with the formation conditions of salts of the Slaviansk Deep (the Ural Foredeep, Russia) of similar age studied in detail before. We have shown the relationship between physical-chemical conditions of the salt formation in these basins that will make it possible to predict the presence of new undiscovered deposits of potash salts of chloride and sulphate-chloride type in the Lower Permian deposits of the depression.

Thermobarogeochemical studies, conducted by us, have allowed to determine physical-chemical conditions for recrystallization of the rock salt of the Slaviansk and Kramatorsk series. By deposits of the Kramatorsks series we have studied the coarse-crystalline water-limpid halite filled with relatively coarse (80–100 $\mu$ m) inclusions with a gas bubble and crystals-prisoners of sylvite, carnallite, rarely bischofite; in the water-limpid halite of the Slaviansk series the wide-spread occurrence have, as a rule, coarse isolated inclusions of irregular form with a gas bubble and a crystal-satellite of anhydrite. While heating of such preparations with inclusions in the chevron structures of halite of the Slaviansk series, the gas bubble becomes disappeared at the temperature of 36–42 °C. The temperature of partial homogenization (disappearing of gas bubble) of inclusions (with crystals-prisoners of sylvite, carnallite, bischofite) in the recrystallized halite of the Kramatorsk series is 30–53 °C, and the full homogenization (with dissolving of crystals-prisoners) – 70–82 °C. The approximate pressure in gaseous-liquid inclusions at the room temperature is 10 MPa.

The chemical composition of the inclusion solutions in the recrystallized halite of the Slaviansk series, in comparison with sedimentary solutions, is characterized by somewhat increased concentration (g/l) of:  $K^+$  – up to 25.6;  $Mg^{2+}$  – up to 61.0, and decreased concentration of  $SO_4^{2-}$  – up to 1.2, whereas of the Kramatorsk series: by decreased concentration of  $K^+$  – up to 0.5;  $SO_4^{2-}$  – up to 1.3 and sufficiently increased concentration of  $Mg^{2+}$  – up to 109.5 (g/l).

Thus, it was established that salts were recrystallized mainly under the influence of metamorphosed solutions of sulphate type, in conditions of increased temperature (up to 82 °C) and pressure (up to 10–17 MPa).