

УДК 552.53:549.767.19(477.8)

Ю. В. Садовий¹, Ю. Ю. Садовий²

ПОЛІГАЛІТ В МІОЦЕНОВИХ ГАЛОГЕННИХ ФОРМАЦІЯХ ПЕРЕДКАРПАТСЬКОГО ПРОГИНУ

U. V. Sadovy, U. U. Sadovy

POLYHALITE IN MIOCENE HALOGENIC FORMATIONS OF CARPATHIAN FOREDEEP

Розглянуто головні особливості поширення полігаліту та літологічні різновиди полігалітової породи у галогенних формаціях Передкарпатського прогину:

у вигляді розсіяної домішки в багатьох виявлених тут типах порід та окремих включень у них. За даними вивчення шліфів під мікроскопом полігаліт переважно пелітоморфний і частково перекристалізований в мікрозернистий, сплутано-волокнистий, голчастий, лускуватий, переплутано-лускуватий, місцями утворює радіально-променисті агрегати;

у формі прошарків (більш характерно). Можна виділити три літологічних різновиди. Один — глиниста полігалітова порода, шари якої потужністю до 10 см залягає безпосередньо в продуктивному пласті. Другий — червона полігалітова порода, шари та пачки якої трапляються в місцях вклинювання калійних пластів. Третій різновид — шари невитримані за потужністю (від перших сантиметрів до 30 см), які залягають поза межами продуктивного пласта, поблизу його підшви та покрівлі у вміщуючій породі, якою є соленосна брекчія.

Розглянуто різні точки зору на походження полігалітових утворень, проявлених як у розсіяному вигляді, так і в формі прошарків. Спираючись на вже існуючі дані та результати власних досліджень, зроблено висновки, що основна маса полігаліту відкладалась на постседиментаційному етапі розвитку відкладів. У процесі інтенсивного динамічного впливу відбувалися перерозподіл речовини (відтискання солі з одних ділянок структур в інші), неодноразова перекристалізація соляних мінералів, утворення мінералізованих флюїдів за рахунок вивільнення кристалізаційної води.

Ключові слова: полігаліт, літологічні різновиди полігалітової породи, генезис полігаліту.

Рассмотрены основные особенности распространения полигалита в галогенных формациях Предкарпатского прогиба:

в виде рассеянной примеси во многих обнаруженных здесь типах пород и отдельных включений в них. По данным изучения шлифов под микроскопом полигалит преимущественно пелитоморфный и частично перекристаллизованный в микрозернистый, спутано-волокнистый, игольчатый, местами образует радиально-лучистые агрегаты.

в форме слоев (более характерно). Можно выделить три литологические разновидности. Одна — глинистая полигалитовая порода, слои которой мощностью до 10 см залегают непосредственно в продуктивном пласте. Вторая — красная полигалитовая порода, слои и пачки которой встречаются в местах выклинивания калийных пластов. Третья разновидность — слои невыдержанные по мощности (от первых сантиметров до 30 см), которые залегают за пределами продуктивного пласта, вблизи его подошвы и кровли во вмещающей породе, которой является соленосная брекчия.

Рассмотрены различные точки зрения на происхождение полигалитовых образований, проявленных как в рассеянном виде, так и в форме слоев. Опираясь на уже существующие данные и результаты собственных исследований, сделаны выводы, что основная масса полигалита отложилась на постседиментационном этапе развития отложений. В процессе интенсивного динамического воздействия происходили перераспределение вещества (отжим соли с одних участков структур в другие), неоднократная перекристаллизация соляных минералов, образование минерализованных флюидов за счет высвобождения кристаллизационной воды.

Ключевые слова: полигалит, литологические разновидности полигалитовой породы, генезис полигалита.

The main features of distribution of polyhalite in halogen formations in the Carpathian flexure are considered:

in the form of scattered impurities in many types of rocks, found here, as well as some inclusions in them. According to the study of microsections under the microscope polyhalite is mainly pelitomorphic and partly recrystallized into micro granular, tangled fibrous, aciculate, clogged scaly, sometimes it forms radial fibrous aggregates.

in the form of layers (more typical), three types can be distinguished. The first one is up to 10 cm of depth and lies directly in the productive layer. Second - red polyhalite rock layers and bundles which occur in upwelling areas of potassium layers. The third kind - layers unseasoned in power (from the first centimeters to 30 cm), which lie outside the reservoir, near his foot and roofs in the surrounding rock, which is the salt breccias.

Different points of view regarding the origin of polyhalite deposits in diffuse form, as well as in the form of layers are considered. Relying on existing data and the results of the research, one can draw the conclusion that the bulk of polyhalite was deposited during the postsedimentation stage of the region development. In the course of intense dynamic effects the redistribution of matter took place (displacement of salt structures from some areas to another), repeated recrystallization of salt minerals, formation of mineralized fluids through the release of combined water.

Keywords: polyhalite, forms of polyhalite, genesis of polyhalite.

ВСТУП

Стан проблеми. Матеріал, який покладено в основу дослідження. В міоценовому комплексі порід, розвинутому у межах Внутрішньої зони Передкарпатського прогину, залягають дві галогенні формації, що відрізняються за віком, але дуже схожі за літологічними та мінералогопетрографічними характеристиками. Існує декілька особливостей галогенних формацій Прикарпаття, які відрізняють їх від більшості соленосних товщ світу. Найбільш характерними з них є великий перелік присутніх тут соляних мінералів, які, в свою чергу, утворюють велике різноманіття видів соляних порід, значний вміст теригенного матеріалу серед соленосних відкладів та надзвичайно інтенсивна їх дислокованість. Аналіз геологічних даних свідчить, що згадані характерні риси галогенних формацій Прикарпаття обумовлені геодинамічними умовами солеродного басейну. За нашими даними, основну роль у становленні сучасного вигляду цих відкладів, утворенні великої кількості типів порід та різноманітних асоціацій соляних мінералів різних генерацій відіграли постседиментаційні процеси.

Із близько 20 відомих у прикарпатських галогенних відкладах соляних мінералів розглянемо полігаліт. Це двоводний сульфат кальцію, магнію і калію — $K_2Ca_2Mg[SO_4]_4 \cdot 2H_2O$. Полігаліт із міоценових соленосних товщ Прикарпаття був описаний вперше (E. Windakiewicz) у 1873 р. За час проведення геологорозвідувальних робіт у регіоні та промислового освоєння Калуш-Голинського та Стебницького родовищ обсяг інформації про характерні особливості цього мінералу та умови його знаходження суттєво зріс. Значну увагу вивченню полігаліту приділяли Я. Я. Яржемський [9, 10], В. В. Лобанова [6], М. С. Коробцова [5], які встановили важливі типоморфні характеристики та парагенезиси. Однак особливе прикладне значення мають дослідження С. В. Ходькової [7], С. С. Коріня [3, 4] та С. П. Гринів [2].

Мета: довести можливість використання різних форм прояву полігаліту в Прикарпатських покладах полімінеральних солей для відтворення фізико-хімічних умов їх виникнення та розшифровки внутрішньої будови соленосної товщі.

Завдання: встановити механізм формування полігаліту, закономірності сучасного залягання та можливість використання для розшифровки будови соленосних відкладів.

Матеріали і методи: мінералогопетрографічне дослідження різних типів полімінеральних порід та структурний аналіз будови соленосних товщ Прикарпаття.

Форми знаходження полігаліту у соленосних відкладах. У результаті мінералогопетрографічного вивчення підземних гірничих виробок на діючих рудниках встановлено, що полігаліт проявляється у вигляді розсіяної домішки і включень у породах та у формі прошарків. Середній вміст полігаліту у пластах калійно-магнієвих солей становить від 3 до 11%.

Полігаліт у розсіяному вигляді та у формі включень і гнізд. Перші ґрунтовні дослідження полігаліту в різних типах порід виконали Я. Я. Яржемський [10], В. В. Лобанова [6] та С. В. Ходькова [7]. Розглядаючи форми знаходження полігаліту в асоціації з різними компонентами порід, Я. Я. Яржемський називав це парагенезисами. Проте з цим не можна погодитися, оскільки йдеться про просторову асоціацію мінералів, а не одночасне їх утворення внаслідок єдиного процесу. З описаних «парагенезисів» полігаліту з різними соляними мінералами видно, що його агрегати в породі є вторинними, полігаліт заміщує ці мінерали.

Існує кореляція між вмістом глинистої речовини і полігаліту. Часто у шліфах можна спостерігати, що полігаліт в породі починає розвиватися з ділянок скупчення глинистої речовини. Тут він переважно пелітоморфний і частково перекристалізований у мікрозернистий, сплутано-волокнутий, голчастий, переплутано-лускуватий, місцями утворює променисті та радіально-променисті агрегати. Асоціація в породі карналіту і каїніту та інших мінералів з полігалітом визначається не спільною кристалізацією з ропи басейну, а вторинними процесами.

С. В. Ходькова [7], вивчаючи взаємозв'язок полігаліту із сильвіном в сильвінтах Хотінського поля рудника «Калуш», прийшла до висновку, що кількість полігаліту в породі та величина його зерен знаходиться у прямій залежності від порушеності первинної структури сильвінітової породи наступними тектонічними процесами.

Прошарки полігалітової породи. У соленосних відкладах Прикарпаття виділяються три літологічних різновиди полігалітової породи. Один — глиниста полігалітова порода, шари якої потужністю до 10 см залягають безпосередньо у продуктивному пласті. Другий — червона полігалітова порода трапляється в місцях викли-

нювання пластів. Третій різновид — шари до 50 см, які залягають поза продуктивним пластом, поблизу підшови та покрівлі у вміщуючій породі.

Глиниста полігалітова порода виявлена в межах покладів Калуш-Голинського родовища у вигляді шарів потужністю від 1–2 до 10 см, які залягають у пачках, складених переважно каїнітом, лангбейнітом, галітом. До названих мінералів можуть додаватися у перемінних кількостях кізерит, сильвін та ряд інших. Цей тип полігалітової породи характеризується світло-сірим кольором та підвищеним вмістом нерозчинного залишку (до 25–30%). Тонкошарувата та листувата текстури породи зумовлені чергуванням прошарочків з різним вмістом галіту та глинистого матеріалу. Прошарок глинистої полігалітової породи потужністю до 10 см разом із суміжними характерними прошарками формує добре виражену пачку порід, яка має маркуюче значення [4]. Завдяки виявленню цієї закономірності вдалося розшифрувати будову інтенсивно деформованих пластів, розрізнати перекинуте і нормальне залягання.

Червона полігалітова порода трапляється в місцях виклинювання продуктивних покладів, пов'язаних з розломами поперечними до карпатського простягання, які розбивають родовища на блоки. Ближче до зони розлому червона полігалітова порода часом утворює пачку потужністю 0,5–1,5 м, складені з чергування шарів чистого та глинистого полігаліту, а також тонких прошарків галіту; при віддаленні від розлому шари цієї породи в калієносих відкладах трапляються рідше, зменшується їхня потужність.

Інший різновид прошарків дещо більшої потужності (частіше до 30 см), виявлений як у межах розвитку відкладів воротищенської, так і калуської формацій, залягає поза межами продуктивного пласта (на відстані 0,5–5,0 м) у вміщуючій породі, якою є соленосна брекчія. Він виразно виділяється на фоні темно-сірої брекчіюваної маси вміщуючої глинистої кам'яної солі. Шари звивисті, з частими роздувами і пережимами. Контакт із вміщуючою породою хвилястий, однак достатньо чіткий. Характерними кольорами є різні відтінки рожевого, червоні, жовтуваті, кремові. Порода щільна, масивна, злом раковистий. Як показали дослідження С.П. Гринів [2] цей різновид прошарків полігаліту характеризується присутністю ангідриту, утворюючи переходи від чисто полігалітової до суттєво ангідритової породи.

Крім згаданих двох основних компонентів, місцями спостерігаються домішки інших мінералів. Власне полігаліту в такій породі найчастіше від 60% і більше. Галіт та каїніт зазвичай проявлені по тріщинах, що свідчить про їх вторинну природу по відношенню до шару полігаліту. Однак це не означає, що самі прошарки полігаліту є первинно-седиментаційними чи ранньодіагенетичними утвореннями.

Генезис та пошукове значення полігаліту.

Деякі геологи вважають можливим утворення полігаліту в процесі седиментогенезу [5, 6, 9, 10]. Однак більшість дослідників стверджують, що даний мінерал формувався на пізніших стадіях — діа- та катагенезу.

Аналіз характерних форм прояву цього мінералу в різних типах калійних порід Прикарпаття вказує на те, що питання утворення полігаліту є не таким однозначним і набагато складнішим, ніж це впливає із теоретичних припущень.

J. H. Vant-Hoff [12] вперше експериментально довів можливість отримання полігаліту шляхом заміщення ангідриту, гіпсу та сингеніту під дією розчинів, що містять калій та магній. Як встановлено дослідженнями різних калійних родовищ [6, 7, 9, 10], такий механізм утворення полігаліту є дуже поширеним. Тому вторинна природа розсіяного у породах полігаліту не викликає сумнівів. Дискусії тривають лише щодо механізму полігалітизації, а також походження та хімічного типу розчинів.

Відомо [9], що лише в хлоридно-сульфатних і сульфатних калієносних відкладах відбуваються «...більш або менш інтенсивні, але надзвичайно широко розповсюджені процеси постседиментаційної полігалітизації різноманітних галогенних утворень» [9, с. 58]. Механізм формування розчинів, необхідних для полігалітизації, за Я.Я. Яржемським, полягав в такому: як тільки сульфатні калійні поклади «...потрапляють у сферу діяльності агентів гіпергенезу, починаються складні і різноманітні процеси заміщення соляних мінералів. Каїніт і лангбейніт шенітизуються, епсомітизуються, утворюються мікрокапілярні розсоли хлоридів і сульфатів калію та магнію. Ці розсоли адсорбуються соляними глинами, які, в свою чергу, містять в якості первинних компонентів карбонати ..., ангідрит і нерідко у вигляді мікродомішки полігаліт» [9, с. 58].

Розшифровка механізму процесу полігалітизації ґрунтується на детальному вивченні великого об'єму матеріалу. Заперечення викликають пояснення походження розчинів. У

підземних гірничих виробках на значних глибинах не спостерігається проявів «діяльності агентів гіпергенезу», які б сприяли формуванню хлоридних і сульфатних розчинів. Натомість, чітко проявляється активна тектонічна діяльність, під впливом якої і мобілізувалися необхідні розчини. По-перше, це власне порові розчини, які завжди присутні у гірській породі, що, правда, у мізерній кількості, оскільки природна вологість корінної соляної породи є дуже незначною і не перевищує 1%. Щодо другого джерела розсолів, які могли б сприяти перекристалізації, існують різні погляди. Припускають, що після відкладення солей повинні залишатися захоронені розчини. Відповідно до іншої точки зору (Н.М. Джинорідзе, С.С. Корінь), розчини утворюються при дегідратації водних мінералів під впливом тектонічних деформацій.

Інтенсивність динамічних навантажень, яких зазнали комплекси порід міоценових соленосних формацій Прикарпаття, видно на розрізах, один з яких (рис. 1, а) демонструє характер структур у межах Стебницького родовища (нижній міоцен), а інший (рис. 1, б) побудований через одну з ділянок Калуш-Голинського родовища (середній міоцен).

Розглянемо існуючі дані про походження полігаліту, проявленого у формі прошарків. Як прийнято вважати, сама форма залягання геологічного утворення у вигляді шару однозначно свідчить про його осадове походження, що більшістю геологів розглядається як доказ седиментаційного походження породи у тому вигляді, в якому ми її спостерігаємо зараз. W. Schaller, E. Henderson [11] прийшли до висновку, що полігалітовий пласт калійних родовищ штатів Нью-Мексіко і Техасу сформувався внаслідок впливу розсолів на раніше утворені ангідритові породи, тобто відбулася полігалітизація ангідриту. Малопотужні прошарки сірої полігалітової породи виявленої у пластах Калуш-Голинського родовища, деякі дослідники вважають первинно-седиментаційними [6, 9], або ранньодіагенетичними [7] утвореннями.

Червона полігалітова порода, просторово пов'язана з розломами, які поділяють родовища на блоки. По них могли надходити води із підсольових відкладів, що приносили кальцій, необхідний для утворення полігаліту.

Не такими однастайними є погляди щодо іншого різновиду полігаліту, який залягає у вміщуючих породах поблизу калійних пластів. Я.Я. Яржемський стверджує, що шари є пер-

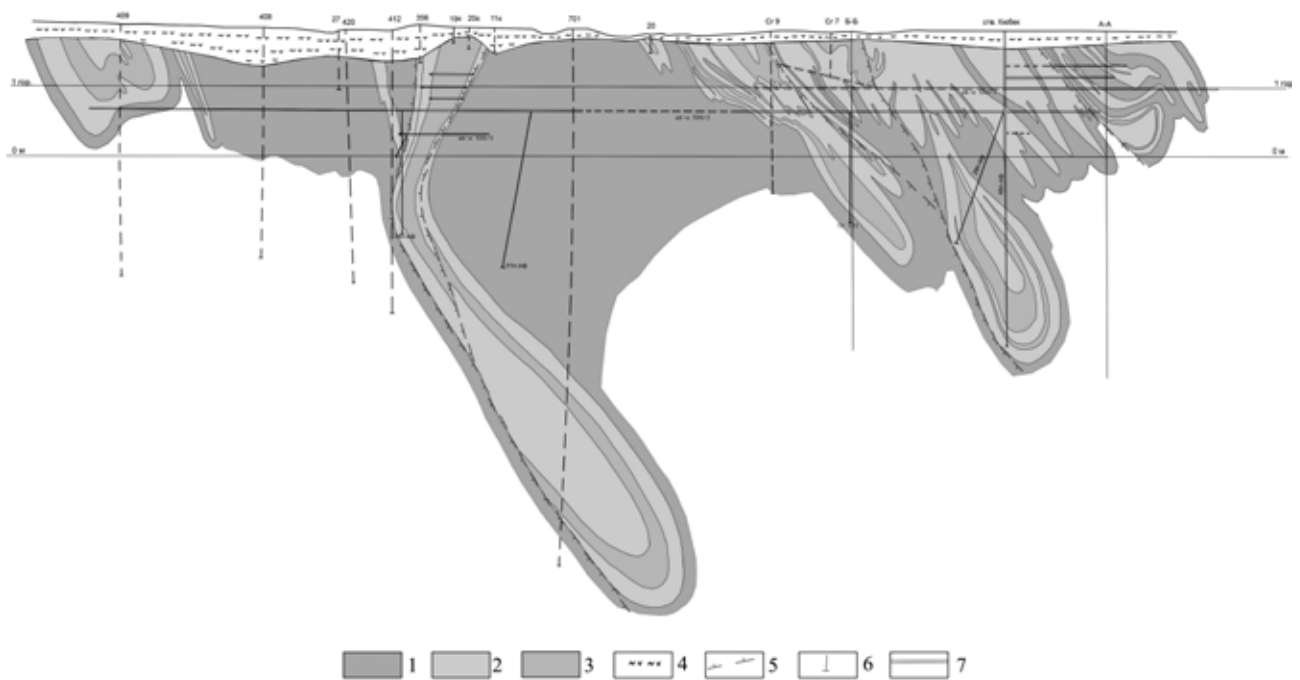
винними, і якщо не седиментаційними, то такими, що утворилися на ранніх етапах діагенезу [10]. С.В. Ходькова зазначає, що це не шари, а шароподібні тіла, а це відкидає можливість їх віднесення до первинно-седиментаційних. Глибший аналіз знаходимо в роботах С.П. Гринів [2]. Шари, які прийнято вважати полігалітовими, не завжди є такими за складом. В дійсності вони є ангідрит-полігалітовими зі змінною кількістю основних компонентів породи. Детальне вивчення досліджуваного шару і прилеглої з обох боків соленосної брекчії дозволило встановити важливі закономірності. Виявилось, що полігаліт у цьому двокомпонентному шарі завжди залягає з боку пласта, а ангідрит прилягає ззовні. В цементі брекчії між пластом і ангідрито-полігалітовою породою містяться домішки полігаліту, а з іншого боку — розсіяний ангідрит.

Потужність обох частин прошарку змінюється в значних межах, границя звивиста, нерівна, але достатньо чітка [2]. Зазначені вище та ряд інших фактів дозволили С.П. Гринів зробити висновок, що ангідрит-полігалітовий шар утворився в результаті реакції двох типів розсолів сульфатно-магнієвих, що відтискалися із пласта полімінеральних порід і хлоркальцієвих розчинів, які містилися у соленосній брекчії.

Важливими є результати визначення абсолютного віку утворення різних типів полігалітових порід [1, 8]. Незважаючи на те, що воротищенські відклади є нижньоміоценовими, а соленосна формація Калуш-Голинського родовища середньоміоценова, встановлено що суттєвої різниці між часом утворення полігаліту немає [8]. Вік зразків полігаліту виявився неоднаковим, але в усіх випадках молодшим від стратиграфічного віку соленосної товщі. Це дозволяє зробити висновок, що полігаліт формувався не однастайно і під впливом тектонічних деформацій.

За даними документації гірничих виробок Калуш-Голинського родовища встановлено, що аномальні потужності (до 110 м) пласта «ЛК-верхній» зумовлені розвитком інтенсивної складчастості. Простеження маркуючої пачки порід з прошарком полігаліту засвідчило, що істинна потужність пласта становить від 12 до 18 м. На рис. 2, а показано дані документації підземних гірничих виробок та підземних свердловин, якими було розкрито пласт «ЛК-верхній». Розшифрована структура пласта (рис. 2, б) показує, що це синклінальна макрострук-

ПОЛІГАЛІТ В МІОЦЕНОВИХ ГАЛОГЕННИХ ФОРМАЦІЯХ ПЕРЕДКАРПАТСЬКОГО ПРОГІНУ



1 — підсольві породи; 2 — брекційована кам'яна сіль; 3 — калійний пласт; 4 — породи гіпсо-глинистої шапки; 5 — розривні порушення; 6 — свердловини; 7 — гірничі виробки

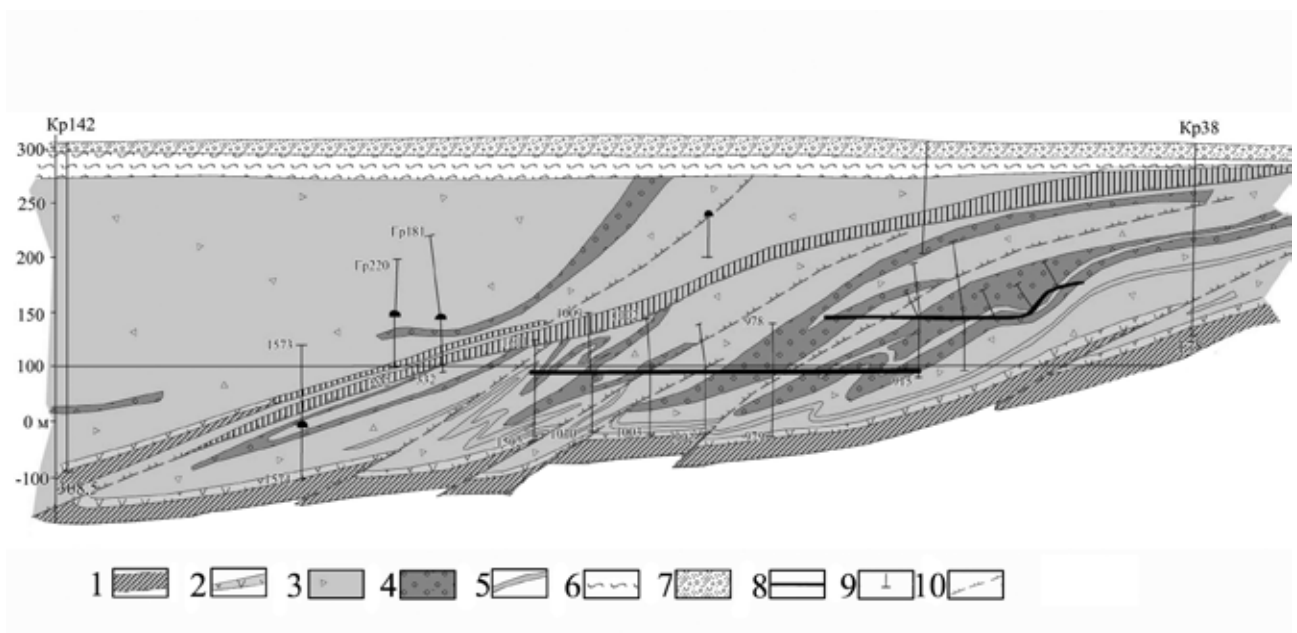


Рис. 1. Геологічні розрізи родовищ калійних солей Передкарпатського прогину (виконав Ю.Ю. Садовий за матеріалами С.С. Корія)

а — Стебницьке родовище; б — Калуш-Голинське родовище.

1 — підсольві теригенні відклади; 2 — ангідритовий горизонт; 3 — соленосна брекція; 4 — калійний пласт сульфатного складу; 5 — калійний пласт хлоридного складу; 6 — гіпсо-глиниста шапка; 7 — валунно-гравійно-гальковий горизонт; 8 — гірничі виробки; 9 — свердловини; 10 — розривні порушення

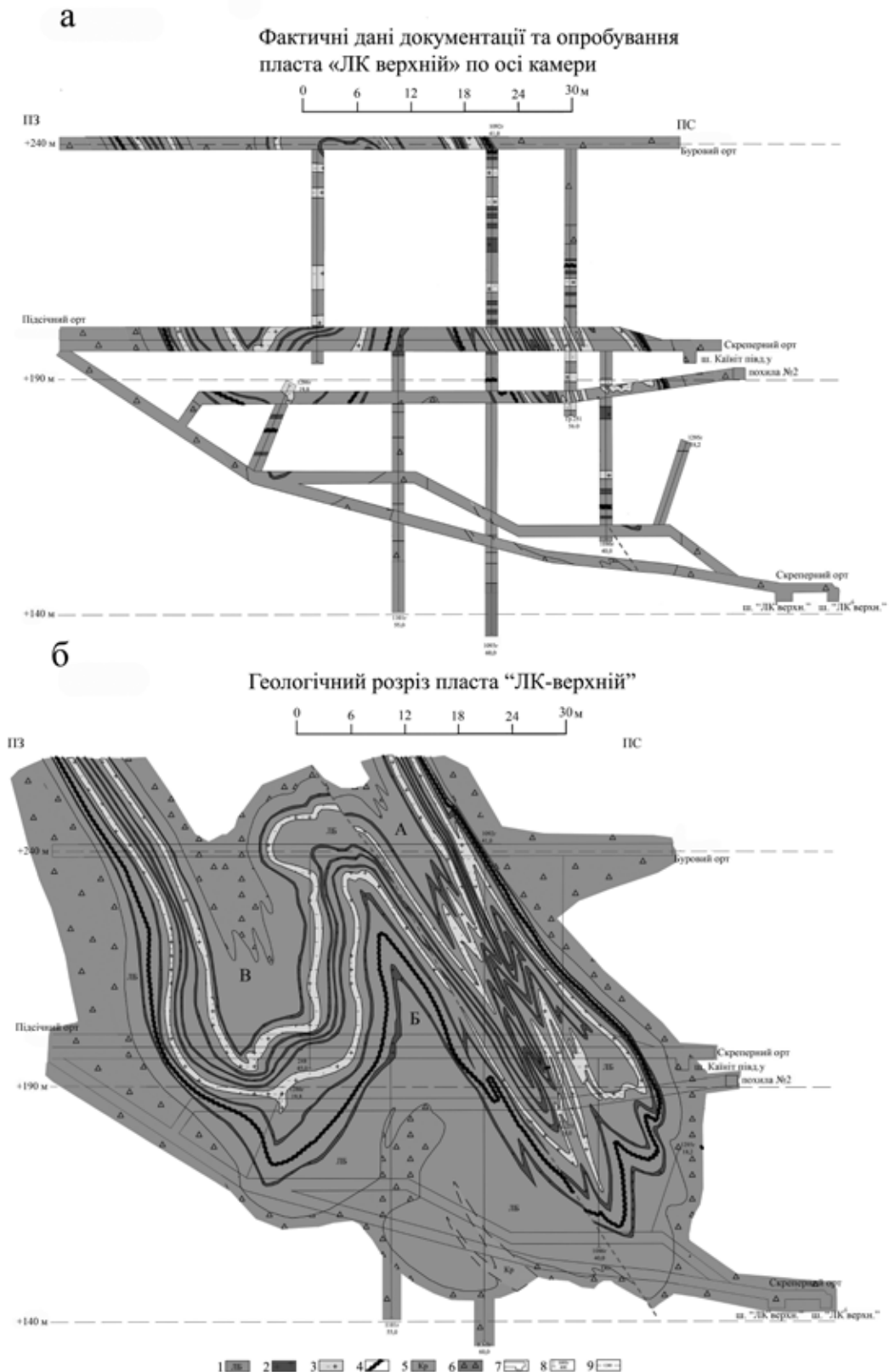


Рис. 2. Будова пласта «ЛК-верхній»

а — фактичні дані документації та опробування пласта «ЛК-верхній»; б — геологічний розріз пласта «ЛК-верхній»

1 — лангбейніт-каїнітова порода; 2 — кам'яна сіль; 3 — соленосна глина з кам'яною сіллю; 4 — полігалітова порода; 5 — карналітова порода; 6 — соленосна пісковиково-глиниста брекчія; 7 — підземні виробки; 8 — підземні свердловини; 9 — горизонти виробіток

тура, ускладнена мезоструктурами — синкліналями А і В та антикліналлю Б, яка їх поділяє.

Використання маркуючої пачки з полігалітом разом з іншими критеріями сприяло встановленню загальної лускувато-складчастої будови родовища. Продуктивні рудні тіла, які вважалися окремими лінзами, в дійсності є фрагментами колись єдиного пласта, зім'ятого у складки. Сама соленосна товща поділена насувними дислокаціями на окремі луски [3].

Полігалітові породи за фізико-механічними властивостями та низькою розчинністю є одними із найстійкіших елементів соленосної товщі. Тому їх виявлення при проведенні геологорозвідувальних робіт має важливе пошукове значення. В Прикарпатті інтенсивність деформацій та перерозподіл потужностей калійного пласта досягають такого ступеня, що в окремих місцях про наявність рудного тіла можна робити висновок за залишками полігалітової породи і вкрапленістю інших калійно-магнієвих мінералів. Полігалітова порода насиченого червоного кольору контрастно виділяється на фоні соляної брекчії забарвленням і текстурними ознаками та проявлена у вигляді тріщинуватих блоків.

ВИСНОВКИ

На підставі проведених досліджень встановлене таке:

1. Усі форми прояву полігаліту несуть важливу інформацію про умови утворення відкладів та механізми їх трансформації з часом під впливом зміни темодинамічних умов їх існування.

2. Зважаючи на те, що полігаліт є чи не найстійкішим із соляних мінералів, виявлення будь-яких його проявів при проведенні бурових геологорозвідувальних робіт та вивченні ерозійних відслонень є важливою пошуковою ознакою на калійно-магнієві солі.

3. Процеси утворення полігаліту у вигляді прошарків серед соленосної товщі не є одностадійними. Наведені дані свідчать, що інтенсивність розвитку полігалітизації пов'язана з тектонічним перетворенням відкладів під впливом геодинамічного режиму, який панував у регіоні після утворення галогенно-теригенних товщ. Про масштабність цього впливу свідчать і величини переміщень по структурах насувного характеру та інтенсивність деформацій, яка загалом відобразилася у дуже широкому розвитку інтенсивної дисгармонічної складчастості та різноманітних динамічних текстур (роз-

сланцювання, брекчійованість та ін.). В процесі інтенсивного динамічного впливу відбувалися перерозподіл речовини, неодноразова перекристалізація соляних мінералів, утворення мінералізованих флюїдів за рахунок вивільнення кристалізаційної води, які й сприяли перерозподілу речовини та перекристалізації мінералів, у тому числі й вторинній полігалітизації інших первинних соляних мінералів.

1. Вуйтович А. Полігаліт Передкарпаття: абсолютний вік та умови утворення // Вуйтович А., Гринів С. / Мінерал. зб. 2001. — №51. — Вип. 1. — С. 96–103.
2. Гринів С.П. Умовия образования ангидрит-полигалитовых слоев калиеносных отложений Прикарпаття // Гринів С.П. / Умовия образования месторождений калийных солей. — Новосибирск, 1990. — С. 181–189.
3. Коринь С.С. Строение пласта «ЛК верхний» на участке Восточная Голынь Калуш-Голынского месторождения // Коринь С.С. / Геологическое строение провинций горючих ископаемых Украины. — Киев: Наук. думка, 1978. — С. 116–120.
4. Коринь С.С. Определение структурного положения и корреляции пластов Калуш-Голынского месторождения с помощью маркирующей пачки полигалит-галитовых пород // Коринь С.С., Мосора Т.М. / Осадочные породы и руды. — Киев: Наук. думка, 1978. — С. 172–177.
5. Коробцова М.С. Полигалит из Прикарпатских соляных месторождений // Коробцова М.С. / Минер. сб. Львов. геол. о-ва. — №7. — 1953. — С. 233–246.
6. Лобанова В.В. Вопросы петрографии калийных залежей Восточного Предкарпаття // Лобанова В.В. / Материалы изучения районов современного и ископаемого соленакпления. Госхимиздат. — Л.: 1956. — С. 164–215. (Тр. ВНИИГ; Вып.32).
7. Ходькова С.В. О взаимосвязи полигалита с сильвинитом в сильвинитах Хотинского поля Калушского месторождения // Ходькова С.В. / Материалы по геологии районов соленакпления. — М.: Недра, 1964. — С. 165–169. (Тр. ВНИИГ; Вып.45).
8. Хрущов Д.П. Определение абсолютного возраста пород и минералов соленосных формаций // Хрущов Д.П., Зайдис Б.Б. / Осадочные породы и руды. — Киев: Наук. думка, 1978. — С. 221–228.
9. Яржемский Я.Я. Калийные и калиеносные галогенные породы // Я.Я. Яржемский — Новосибирск 1967. — 134 с.
10. Яржемский Я.Я. К вопросу генезиса полигалита в калийных месторождениях // Яржемский Я.Я. / Тр. ВНИИГ, 1954. — Вып. 39. — С. 223–260.
11. Schaller W. and Henderson E. Mineralogy of drill cores from Potash Field of New Mexico and Texas // Schaller W. and Henderson E. — Washington, 1932.
12. Vant-Hoff J. H. Zur bildung der Ozeanische Salzablager // J. H. Vant-Hoff. — I — Braunschweig 1909; рус. пер. под. ред. А. В. Николаева, ОНТИ, 1935.

¹ — Державне підприємство «Науково-дослідний інститут галургії», Калуш

E-mail:ysadovyi@gmail.com

² — Інститут геологічних наук НАН України, Київ

E-mail: cadovuj@ukr.net