

УДК 552.143:551.7(477)

С.Б. Шехунова¹, О.А. Шевченко²

ОСОБЛИВОСТІ КАТАГЕНЕЗУ ПОРІД ТЕРИГЕННОЇ ЧЕРВОНОКОЛІРНОЇ (КАРТАМИСЬКОЇ) ФОРМАЦІЇ НИЖНЬОЇ ПЕРМІ (ПІВДЕННО-СХІДНА ЧАСТИНА ДНІПРОВСЬКО-ДОНЕЦЬКОЇ ЗАПАДИНИ)

S.B. Shekhunova, O.A. Shevchenko

THE CATAGENESIS PECULIARITIES OF THE LOWER PERMIAN RED TERRIGENOUS (KARTAMUSH) FORMATION (THE SOUTH-EASTERN PART OF THE DNIEPER-DONETS DEPRESSION)

На основани детального комплексного мінералого-петрографічного изучения порід терригенної красноцветной (картамышской) формації в юго-восточной части Дніпровско-Донецкої впадини с применением стадіального аналіза літогенеза установлена степень изменения различных типов порід формації. Выделены две средние и поздня подстадии катагенетических преобразований порід, а также описаны их структурно-текстурные свойства и комплексы мінеральных новообразований. Охарактеризовано аутигенное мінералообразование галокатагенеза как специфического проявления літогенеза порід в бассейне с мощными соленосными формаціями в разрезе.

Ключевые слова: нижня пермь, терригенная красноцветная формація, соленосная формація, катагенез, галокатагенез, Дніпровско-Донецкая впадина.

For reasons given from detailed comprehensive mineralogy-petrography rock researches of red terrigenous (kartamush) formation in the south-eastern part of the Dnieper-Donets Depression with usage of litogenesis stadial analysis determined changes degree of different types rocks formation. Two median and late catagenesis conversion substages have been recovered and their structure-textural characteristic peculiarities and neogenic mineral complexes have been described. It is characterized autigenic galocatagenesis minerals as specific rocks conversion period in basins with high thickness rock salt formations.

Key words: lower Permian, red terrigenous formation, rock-salt formation, catagenesis, galocatagenesis, Dnieper-Donets Depression.

ВСТУП

Дослідження закономірностей утворення, стадіальних процесів постседиментаційного перетворення осадових порід, зокрема на стадії катагенезу, має як фундаментальне (уточнення аспектів теорії літогенезу), так і прикладне значення. Останнє пов'язане, зокрема, з формуванням внаслідок катагенезу таких фізико-механічних властивостей порід, які визначають їх здатність відігравати роль колекторів, покриток при формуванні родовищ вуглеводнів або створювати природні структури, придатні для використання в якості штучних сховищ нафтопродуктів, нафти, газу та ін. З інтервалом температур 150–170°C, що відповідають нижній границі зони катагенезу, пов'язують умови як потенціального нафтонакопичення (< 150 °C), так і фракціонування вуглеводнів, а також межу термостабільності рідинної нафти (≈ 175 °C) [2, 9, 10, 11, 13 та ін.]. На даний час встановлено загальні закономірності катагенезу порід за різних геологічних умов, що дозволяє класифікувати їх за ступенем катагенетичних перетворень. В катагенезі виділяють три стадії: ранню, середню та пізню, для яких визначено типові

показники тиску, температури, загальної пористості, типи контактів частинок, деякі мінеральні індикатори фізико-хімічних обстановок [2, 4–11, 13, 19] (див. таблицю).

Теригенна червоноколірна (картамышська) формація нижньої пермі (південно-східна частина Дніпровсько-Донецької западини — ДДЗ) об'єднує комплекс терригенних червоноколірних глин, аргілітів, алевролітів, пісковиків, гравелітів. Останні складені уламками порід серицит-(або хлорит)-кварцових сланців, кварцитів, уламками змінених кислих та середніх ефузивних порід, силіцитів, кварцу різного ступеня змінності, кислих плагіоклазів, польових шпатів (мало), піроксенів (мало), лусок слюд (гідратований біотит, мусковіт). Відклади накопичувались у мілководному субплатформному басейні (без ознак активного гідродинамічного режиму) за умов аридизації клімату, областю живлення якого була пенепленізована рівнина [1, 3, 6, 14–18].

Особливості постседиментаційних змін нижньопермських порід, зокрема червоноколірних терригенних картамышських утворень, досліджували А.П. Феофілова, В.Д. Шутов (за матеріалами

Катагенетичні особливості порід теригенної червоноколірної формації нижньої пермі

Підстадія катагенезу	Ступінь змін; тиск* на нижній границі, °C	Тип порід; характерні структури	Вміст уламків, %; типоморфні ознаки уламкової частини; ступінь змінності уламків	Відсоток цементу, %; тип цементу та ступінь його перетворень; асоціація глинистих мінералів	Приклади площ, свердловин та інтервалів; джерело
1	2	3	4	5	6
Рання	I > 1	Пісковик з слабо ущільненою зернистою структурою ; конформізм – 5%	До 20%; біотит слабо гідратований, регенераційні кварцові облямівки відсутні; навколо уламків – «сорочки» первинного цементу	До 80% породи; базально-поровий незмінений глинисто-гідролудистий	Корульсько-Нодимитрівська солянокупольна структура; [5, 6]
	II-1	Глиниста порода, аргіліт	До 60%; кварц з елементами регенерації; до 50% плагіоклазів змінено (гідролудизація, хлоритизація, часто вздовж систем двійникування), кородовано; слюда слабо гідратована, зберігає бліде забарвлення та слабо плеохромує	Тип контактів коагуляційний та перехідний; загальна пористість – 16-25%; гідролуда, монтморилоніт, змішаношаруваті мінерали, каооліт	[13]
Середня	II-1	Алевроліт поліміктовий карбонатизований ; порода слабо ущільнена, зерниста; конформізм нерівномірний – 10–30%	До 60%; кварц з елементами регенерації; до 50% плагіоклазів змінено (гідролудизація, хлоритизація, часто вздовж систем двійникування), кородовано; слюда слабо гідратована, зберігає бліде забарвлення та слабо плеохромує	35-40 %; напівбазальний, базально-поровий, порово-петельчастий; цемент первинний К _С – I (до 10%) гідролудисто-монтморилонітовий, К _С – II (до 10%); хлорит-гідролудистий; вторинний ангідритовий (7%), карбонатний (1,2%), спаритовий, поровий, порово-базальний (заміщає первинний цемент та кородує уламки кварцу), дрібнолускуватий каооліт-гідролудистий; хлорит-монтморилонітові, іліт-монтморилонітові скупчення в порах (7%)	Св. Кобзівська-50, гл. 3370 м; св. Пн.-Волвенківська-54, гл. 1275-1283 м
	II-2	Пісковик ; порода слабо ущільнена, зерниста; нерівномірний конформізм – до 25-30%	55-60%; регенераційні облямівки кварцу (рідше альбіту), гідратація і слабка хлоритизація уламкового біотиту; ящикові мікроструктури	До 35-40%; базально-поровий, порово-петельчастий; реакційний каооліт-поровий, К _С – I: глинисто-гідролудистий, в реліктах монтморилонітовий; розвиток хлориту та (слабо) гідролуди по каооліту, перекристалізація кальцитового цементу пісковиків	Корульсько-Нодимитрівська солянокупольна структура; [13, 16]
	II-2	Алевролітсковик ; порода ущільнена; міжзернові контакти інкорпораційні нерівномірні – до 15%; конформізм уламків на окремих ділянках – до 40%	До 65%; регенерація кварцу, шипоподібні нарости, конформізм, аутигенні новоутворення; до 50% плагіоклазів змінено до утворення ящикових (фулярних) мікроструктур, решта – гідролудизовані, хлоритизовані; слюда гідратована до втрати забарвлення, утворює віялоподібні розщеплені агрегати; лейсти уламкової гідролуди підкреслюють зміщення та ущільнення міжзернового простору	До 35%; поровий, порово-плівковий; цемент первинний монтморилоніт-гідролудистий в реліктах (до 7%); катагенетичний К _С – II серицит-каооліт-хлоритовий (до 10%); катагенетичний К _С – III хлорит-серицит-кварцовий (до 15%)	Св. Кобзівська-50, гл. 3368-3380 м; св. Кобзівська-10, гл. 3208-3216 м

Продовження таблиці

1	2	3	4	5	6
Середня		Алевроаргіліт ; порода слабо ущільнена; гори- зонтально шарува- та, брекчіювана з гідроксидами залі- за, забарвлена у бурий колір	50%; уламки кугасті кородовані; кварц (20%), гідролюда (20%) слабо змінена, плеохроє; вуґліста речовина (10%)	До 50%; поровий (в алевролітових прошарках), напівбазальний, первинний К _С – I гідролюдисто (15%)-монтморилонітовий (20%), в порах новоутворення каолініту – до 1%, лінії кварцу – до 4%, гідроксиди заліза – до 10%; мікротекстура цемент- та паркетна – 40%, коміркова, плямиста, зумовлена ділянका- ми оглеєння	Св. Кобзівська- 50, пл. 3373- 3377 м
		Карбонатизова- ний гравеліт ; ущільнення не спо- стерігається	До 70%; регенераційна облямівка менша за 0,1 мм, асиметрична підрозчинена на квар- ці та рідко на плагіоклазах; плагіоклази слабо змінені	До 30%; тип цементу поровий, пливковий, безцементний, регенера- ційний; цемент первинний К _С – I гідролюдистий в реліктах (до 5%); катагенетичний К _С – III аргілітизації кварцовий (до 15%) вто- ринний – карбонатний, ангдритовий поровий напівбазаль- ний (до 10%); у поровому міжзерновому просторі – новоу- творення каолініту, дикіту	Св. Ланівська- 305, пл. 3835- 3841 м
	60-80 80-100	Глиниста порода, аргіліт		Тип перехідний і фазовий (цементацийний). Загальна пористість – 4-12%. Гідролюда, змішаношаруваті утворення, хлорит; мікротекстура переважно паркетна з елементами коміркової	Св. Кобзівська- 50, пл. 3373- 3377 м; [13]
Пізня	III	Пісковик дрібно-, середньозерни- стий ; порода зер- ниста щільна; кон- такти між зернами кварцу інкорпора- ційні нерівномірні – до 5%. Спостеріга- ються мікростило- літові шви, розчи- нення під тиском; конформізм уламків на окремих ділян- ках – до 80%, що створює мікротек- стурні елементи шарового ороговін- ня та окварцювання	До 80 %; плагіоклази сильно змінені, каолінітизо- вані, гідролюдизовані, до утворення ячужкових (фулярних) мікроструктур; уламки ефузивних порід серицитизова- ні, хлоритизовані зерна кварцу сильно кородовані; корозії зазнали і регенера- ційні облямівки, яких збереглося до 10%	До 20%; цемент первинний каолініт-гідролюдистий в реліктах (до 5%), кварцовий (спостерігаються елементи зливного – до 7%), перекристалізований гідролюдистий (серицитовий) (К _С – III) – до 8%, в порах міжзернового простору – новоу- творення каолініту, дикіту	Св. Мар'янів- ська-50, пл. 3906-3916 м

Закінчення таблиці

1	2	3	4	5	6
БНЄП		Дрібнозернистий алевро-пісковик; порода сильно ущільнена; лейсти уламкової гідрослюди підкреслюють первинне нашарування. Контакти міжзернові, інкорпораційні – до 15%; конформізм уламків на окремих ділянках – до 70%	До 50 %; кварц кородований (розчинений по краях), частина зерен зазнала регенерації (облямівка – до 0,05 мм, асиметрична); релікти плагіоклазу; плагіоклаз сильно змінений до футлярних (ящичкових) мікроструктур	50 %; цемент поровий, плівковий, порово-петельчастий. Релікти первинного цементу – до 2 %; цемент катагенетичний (дрібнолускуватий) ($K_C - II$) та $K_C - III$ (крупнолускуватий); за складом каолінит (10%) - гідрослюда (15%) - кварц (15%) - хлоритовий (20%). Гідрослюда цементу утворює елементи перехресної та коміркової мікротекстури. Новоутворення кварцу, халцедону (гнізда) – до 8%	Св. Кобзівська-50, гл. 3490-3508 м,
	120-200 150-200	Алевритистий аргіліт; порода сильно ущільнена; контакти міжзернові, інкорпораційні – до 15%; конформізм уламків – 75% та вище до бластезу	До 75 %; у тінях тиску спостерігається гідрослюдизація кварцу; контури зерен кварцу кородовані (підрозчинені)	До 25 %; цемент серицит-хлорит-гідрослюдистий відповідає цементу $K_C - II$ (10%) та $K_C - III$ (15%) ступенів катагенетичних перетворень. Слюди цементу орієнтовані, утворюють паркетні (10%) та комірчасті (15%) мікротекстури	Св. Кобзівська-10, гл. 3517 м
		Глинисті породи, аргіліти		Тип фазовий (кристалізаційний та цементацийний). Загальна пористість – 2-4%. Гідрослюда, хлорит; мікротекстура переважно коміркова з елементами паркетної	[13]

*Значення тиску та температури на нижній границі наведено за даними роботи [13].

А.П. Феофілової), Г.В. Карпова, Л.П. Нестеренко, О.Ю. Лукін, В.О. Шумлянський, К.І. Деревська, Т.В. Дудар та ін. [4, 5, 6, 9, 12, 14–18]. Історія досліджень формації віддзеркалює зміни напрямів розвитку літології у другій половині ХХ ст.: від переважно розробки питань сучасного та давнього осадконакопичення (седиментологічний напрям), з'ясування умов перетворення осадків у породу [12, 15] до дослідження закономірностей змін осадових порід у стратисфері [4, 6, 18] та стадіального аналізу літогенезу (літогенетичний напрям) [5, 9, 17]. В результаті встановлено загальні закономірності проявів регіонального катагенезу та глинисті мінерали-індикатори стадій катагенетичних перетворень порід формації. Проте на загальні регіональні особливості катагенезу значною мірою впливають локальні фактори та особливості складу порід. Мета нашої роботи — встановлення стадійності літогенезу порід нижньопермської теригенної червоноколірної (картамиської) формації в південно-східній частині ДДЗ та з'ясування закономірностей поширення порід, що зазнали відповідних стадійних перетворень у розрізі та по площі. Для цього було досліджено основні типи порід, визначено комплекс критеріїв для виділення стадій катагенетичних перетворень порід, встановлено стадії перетворення цементу та уламкової частини.

МАТЕРІАЛ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

В основу статті покладено результати вивчення зразків керна площ південно-східної частини ДДЗ — Кобзівської, Ланівської, Мар'янівської, Чутівської, Північно-Волвенківської. Комплекс досліджень включав макроскопічний опис керна, мінералого-петрографічні, електронно-мікроскопічні методи. Елементний склад мінеральних утворень визначався із застосуванням енергодисперсійного (макрокомпоненти) та хвиледисперсійного (мікрокомпоненти) мікроаналізаторів (EDS INCAx-act, WDS, INCAEnergy+Oxford), якими обладнаний скануючий електронний мікроскоп Jeol-6490 LV, а також традиційним рентгеноспектральним методом.

Для визначення глинистих мінералів застосовано рентген-дифрактометричний метод (дифрактометр АДП-2, Со-антикатод, Fe-фільтр та Fe-антикатод, Mn-фільтр). Аналізи виконано в Інституті геології та геохімії горючих копалин НАН України (м. Львів) дослідником Я.В. Яремчук на орієнтованих препаратах, отриманих методом відмучування. Для визначення вмісту

каолініту проби впродовж 3 год оброблялися розчином гарячої соляної кислоти; для ідентифікації змішаношаруватих утворень зразки відпалювалися при температурі 550°C та насичувалися етиленгліколем (рис. 1). Гранулометричні дослідження виконано із застосуванням лазерного седиментографа Mastersizer 2000.

Основний методологічний підхід — стадіальний аналіз літогенезу. Дослідження стадійності літогенезу алевритових, піщаних та гравійних порід включало вивчення уламкових мінералів і цементу, представленого глинистими, карбонатними, залізистими мінералами, ангідритом, рідше галітом.

Ступінь катагенетичних перетворень визначався за основними петрографічними (структурно-текстурними) особливостями будови порід, зокрема ступенем зміненості та/або регенованості уламків, типу і мінерального складу цементу, складу катагенетичних утворень та їх взаємовідношень з мінералами уламків та цементу.

При інтерпретації отриманих результатів ми враховували залежність інтенсивності літогенетичних перетворень від типів порід та окремо визначали ступінь прояву катагенетичних перетворень у пісковиках, алевролітах та аргілітах.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Структурно-текстурні дослідження порід показали, що найхарактернішою текстурою порід є горизонтальна (смугаста) шаруватість у дрібнозернистих пісковиках і алевролітах, хвиляста (з елементами косохвилястої) і лінзоподібна у алевролітах та плямиста — в аргілітах (аргілітоподібних глинах). Найпоширеніший тип порід — червоноколірні тонкозернисті алеврито-пісковики та аргіліти. Породи характеризуються різним ступенем сортованості. Форма уламкових зерен напівобкатана, частина уламків кварцу кутасти (рис. 2, е, з, і, к), проте через епігенетичну змінність порід в деяких зразках визначити первинну окатаність зерен іноді важко. Майже 40% порід розрізу містять субгоризонтальні мікропрошарки галіту, ангідриту, бариту, мають ділянки з карбонатним та сульфатним цементом (рис. 2, м, н; 3, д, є, ж). Результати досліджень узагальнено в таблиці.

У складі алевритової фракції серед мінералів-індикаторів умов утворення (перетворення) порід встановлено гідрослюду та хлорит (рис. 1, а, в). Гідрослюда є і аллотигенною, і трансформованою, і аутигенною, а хлорит

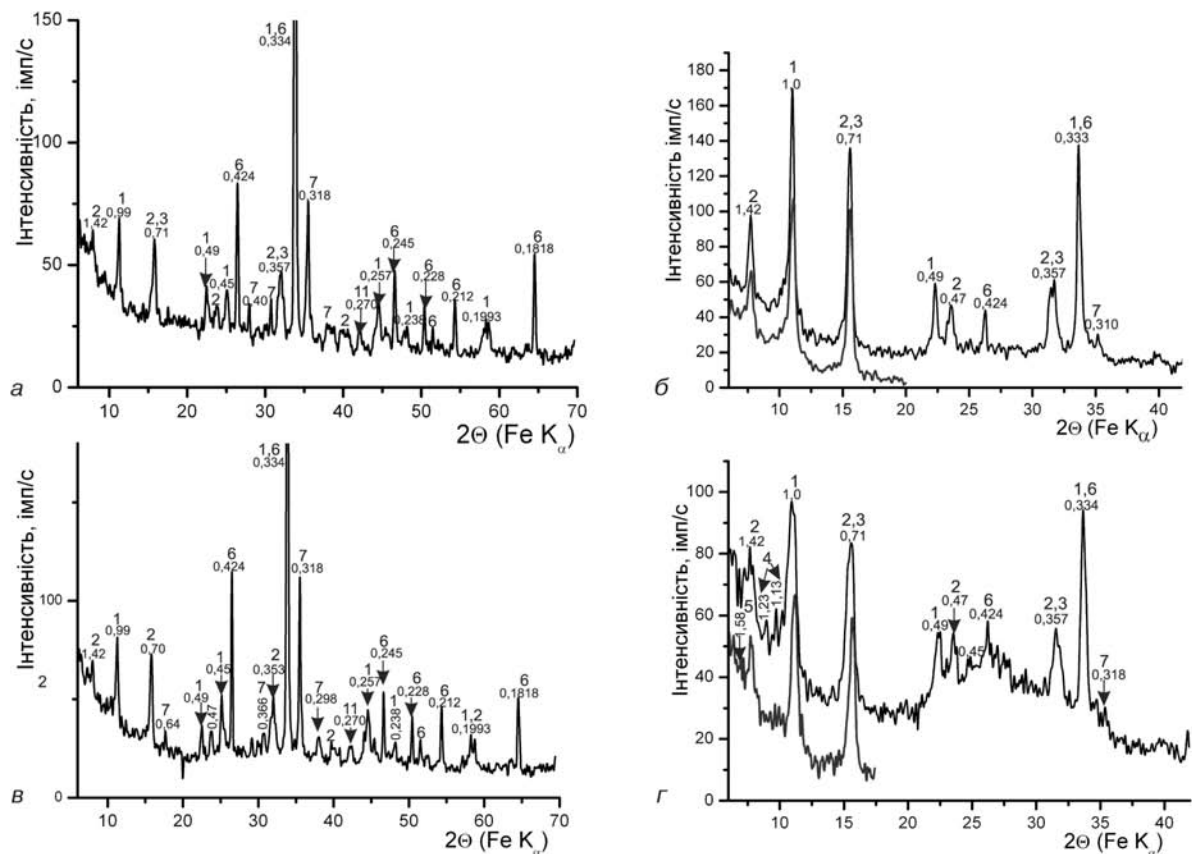


Рис.1. Дифрактометричні криві алевритової (а, в) та пелітової фракцій (б, г) порід теригенної червоноколірної (картамиської) формації ДДз

Дифрактограми а — алевритова фракція алевроаргіліту (св. 50 Кобзівська, 3378–3380 м); б — пелітова фракція, верхня крива — вихідний орієнтований препарат, нижня — насичений етиленгліколем (те саме); в — алевритова фракція алевроаргіліту (св. 50 Кобзівська, 3468–3470 м); г — пелітова фракція, верхня крива — вихідний орієнтований препарат, нижня — насичений етиленгліколем (те саме). Цифрами на діаграмах позначено мінерали: 1 — гідрослюда; 2 — хлорит; 3 — каолінит; 4 — змішано шарувате утворення гідрослюда-монтморилоніт; 5 — змішано шарувате утворення хлорит-монтморилоніт; 6 — кварц; 7 — плагіоклаз; 8 — кальцит; 9 — доломіт; 10 — пірит; 11 — доломіт

переважно аутигенний (рис. 2). Основні складові пелітової (за результатами рентгеноструктурного аналізу) є гідрослюда, хлорит (магнезійний та залізистий) з домішкою каолініту та у підпорядкованій кількості змішано шаруваті утворення (рис. 1, 2). У складі пелітової фракції серед глинистих мінералів майже не присутній монтморилоніт (встановлено тільки в одній пробі у складі гідрослюдисто-монтморилонітового змішаношаруватого утворення) та розбухаючі змішаношаруваті утворення.

В результаті досліджень з'ясовано послідовність стадіальних перетворень цементу порід формації.

Цемент первинний тонкодисперсний глинистий монтморилоніт-гідрослюдистий (Кс-I) перекристалізується у дрібнолускуватий, потім крупнолускуватий, листуватий каолініт-

хлоритовий або хлорит-каолінітовий агрегат, що фіксує другу (Кс-II) стадію перетворення цементу (рис. 2, д). На інших ділянках спостерігається третя катагенетична стадія (Кс-III) перетворення цементу: хлоритизація гідратованої слюди та утворення кварц-хлорит-каолінітового цементу (рис. 2, е, з, і, ї, й, к, л). Тобто в цементі з'являються новоутворення гідрослюди, хлориту, серициту, кварцу, каолініту та зникають монтморилоніт, смектити. Встановлюється і четверта стадія (Кс-IV) перетворення цементу порід формації, яка пов'язана з перерозподілом кремнезему, процесами ороговікування, утворенням халцедону (у поровому просторі), а в подальшому ідіоморфного кварцу (рис. 2, з, ї, й, м, н).

В інтервалах зі значним вмістом карбонатів (кальцит, доломіт) та сульфатів (ангідриду, іноді

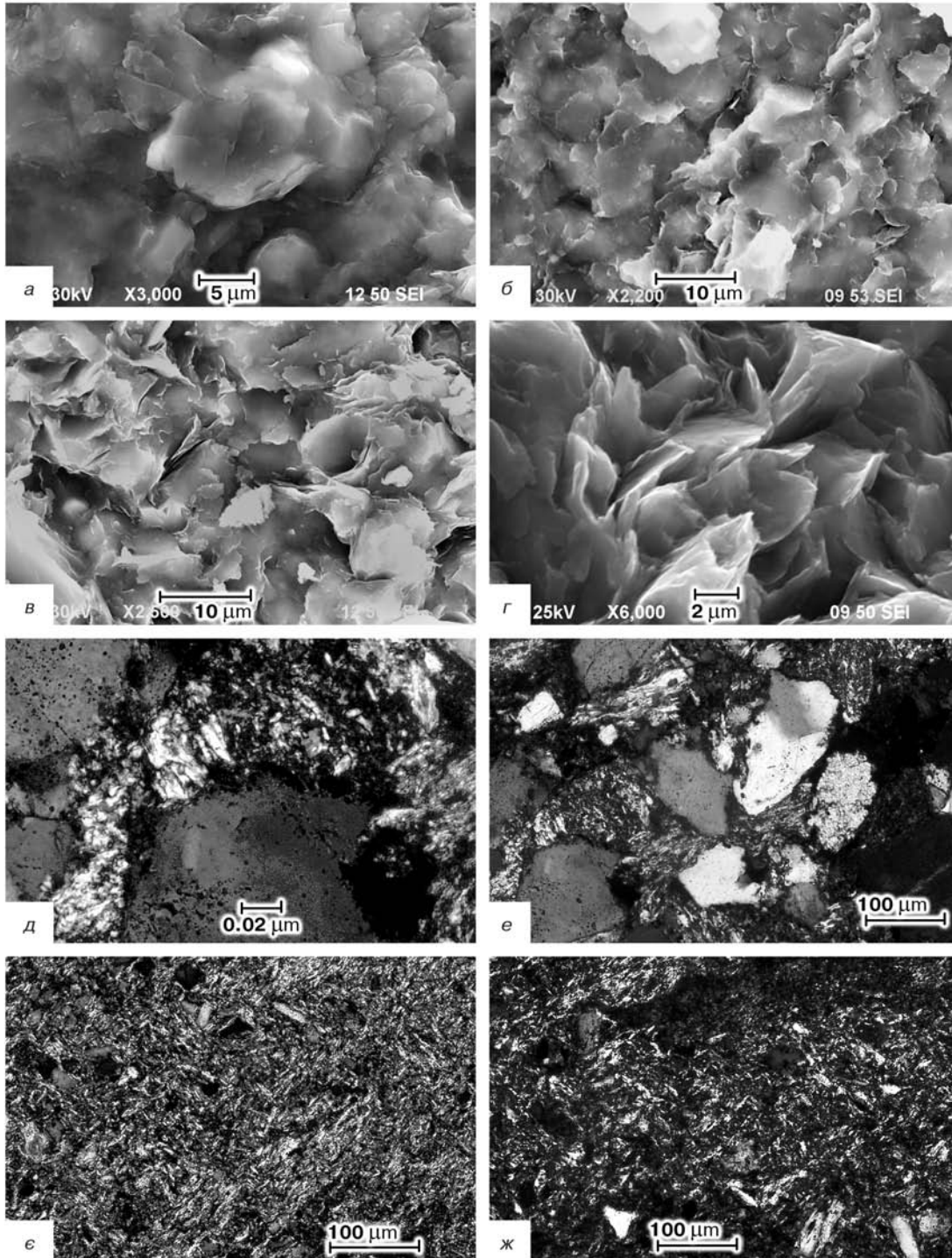


Рис. 2. а — змішаношарувате утворення гідрослюда-монтморилоніт (св. 50 Кобзівська, 3410–3420 м); б — змішаношарувате утворення монтморилоніт-гідрослюда (св. 50 Кобзівська, 3410–3420 м); в — уламкова деградована гідрослюда з цементу алевропískовику (св. 50 Кобзівська, 3468–3472 м); г — хлоритові агрегати з набухаючими шарами (св. 50 Кобзівська, 3440 м); д — цемент первинний тонкодисперсний глинистий монтморилоніт-гідрослюдистий (Кс-I) та дрібнолускуватий каолініт-хлоритовий та хлорит-каолінітовий другої генерації (Кс-II) у алевропískовику (св. 50 Кобзівська, 3368–3370 м); е — цемент другої та третьої генерації дрібнолускуватий каолініт-хлоритовий та хлорит-каолінітовий (Кс-II) та крупнолускуватий та листуватий кварц-хлорит-каолінітовий (Кс-III) у алевропískовику (св. 50 Кобзівська, 3410 м); є — паркетна мікротекстура алевроаргіліту; обумовлена орієнтованим розташуванням глинистих мінералів (св. Ланівська, 305, гл. 3834–3841 м); ж — коміркова (з елементами паркетної) мікротекстура алевроаргіліту (св. 52 Кобзівська, 3500 м)

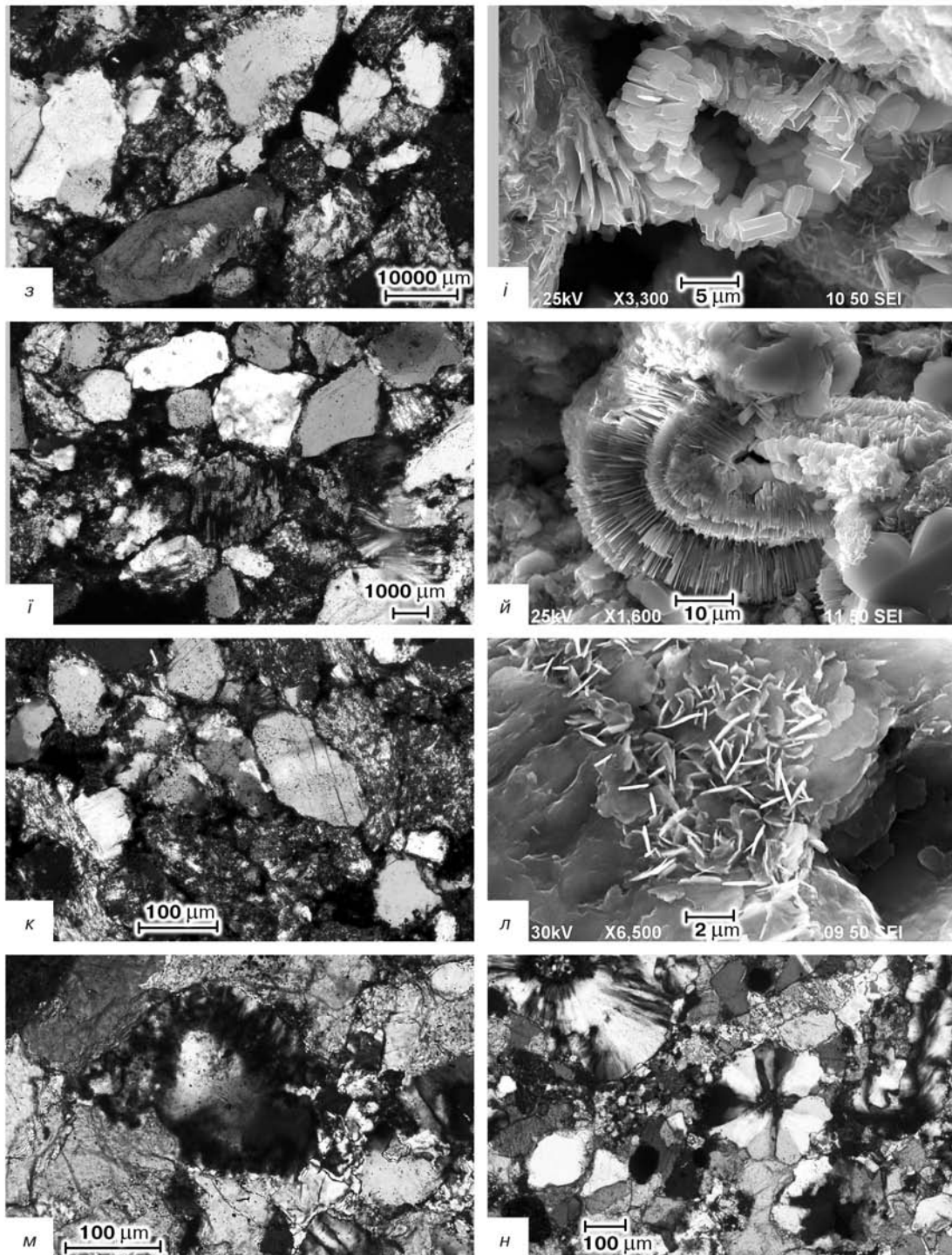


Рис. 2 (продовження). з — гідрослюди́зація цементу, польового шпату та кварцу («бородатий» кварц) (св. 50 Кобзівська, 3444 м); і — новоутворення каолініту та хлориту у поровому просторі піщовика (св. 50 Кобзівська, 3444 м); і' — червоноколірний дрібнозернистий алевропідковик з хлорит-гадролудистим, контактово-поровим цементом; віялоподібні агрегати гідрослюди (права частина кадру), регенерація кварцу (у верхньому правому куті) (св. 50 Кобзівська, 3444 м); й — каолініт-гідрослюди́стий агрегат та новоутворення кварцу у поровому просторі піщовика; к — піщовик дрібно-, середньозернистий; уламкова частина представлена монтморилонітисованими, серититисованими та хлоритисованими ефузивами, сланцями, плагіоклазами в порах міжзернового простору новоутворення каолініту (св. Мар'янівська, 50, гл.3906–3016); л — новоутворення хлориту (на передньому плані) деградована гідрослюда (на другому плані); м — крустифікаційна облямівка навколо уламкового зерна кварцу (св. Ланівська, 305, гл. 3834–3841 м); н — новоутворення халцедону (св. Ланівська, 305, гл. 3834–3841 м); а – г, і, й, л — скануючий електронний мікроскоп, зображення у вторинних електронах; д – з, і', к — поляризаційний мікроскоп, ніколі схрещені

бариту) формуються цементи порово-мозаїчні, згусткові, базально-пойкілітові.

Нижче описано найхарактерніші типи порід, які за результатами досліджень віднесено до певних стадій літогенезу.

Катагенез середній (ступінь II-1)

Алевроліт поліміктовий карбонатизований (св. Кобзівська 50, гл. 3370 м)

Текстура шарувата, структура рівномірнотзерниста, характеризується високим ступенем сортованості за розміром частинок. Уламки напівобкатані, кутасті, кородовані.

Уламків — до 60%. В уламках — кварц (35–40%), релікти плагіоклазу (до 10%), тонкі лейсти гідрослюди (5–7%), халцедон (до 1%).

Структура породи слабо ущільнена, зерниста, конформізм — до 30%.

Плагіоклази сильно змінені, кородовані. Уламкова слюда слабо гідратована, зберігає бліде забарвлення та слабо плеохроює.

Цементу — від 40%. Тип напівбазальний, базально-поровий, порово-петельчастий. Цемент первинний гідрослюдисто(3%)-монтморилонітовий(5%), Кс-II — хлорит(4%)-гідрослюдистий(7%); вторинний цемент ангідритовий (7%), карбонатний (12%), спаритовий порового або порово-базального типу, заміщує первинний цемент та кородує уламки кварцу.

Первинний гідрослюдисто-монтморилонітовий цемент слабо змінений; встановлюється перехід до цементу другої стадії: починається перекристалізація тонкодисперсної речовини у дрібнолускувату та утворюються каолініт-гідрослюдисті, монтморилоніт-хлоритові, іліт-монтморилонітові скупчення в порах.

Накладені процеси — галокатагенез (простання ангідриту та новоутвореного кварцу), піритизація.

Катагенез середній (ступінь II-2)

Дрібнозернистий алевропісковик (св. Кобзівська 50, гл. 3368–3380 м; св. Кобзівська 10, гл. 3208–3216 м).

Текстура смугаста, структура рівномірнотзерниста. Уламки напівобкатані, кутасті, кородовані. Уламків — 65%. Уламків кварциту та хлорит-кварцитових сланців — 1–3%, хлоритизованих уламків монтморилонізованих ефузивних порід — 2–3%, обкатаних уламків вапняку — 3–5%, плагіоклазів — до 15% (альбітизація — до 1%, хлоритизація, гідрослюдизація, каолінітизація — до 10%, слабо змінених зерен — до 5%), кварцу — до 55%, гідрослюди — до 3%.

Цемент — 35%. Цемент складений гідро-

окислами заліза, порово-плівковий — до 10%, первинний цемент монтморилоніт-ілітовий — 5–7%, перекристалізований у крупнолукуватий серицит-каолініт-хлоритовий Кс-II — 5–7% та новоутворений Кс-III — хлорит-серицит-кварцовий — 12–15%.

Уламки та цемент зазнають значних змін. Для кварцу характерні регенерація, конформізм, утворення шипоподібних наростів, аутигенні новоутворення; плагіоклази зазнали змін до утворення ящикових (футлярних) мікроструктур (зберігається тільки зовнішня частина зерна, а внутрішня повністю заміщена новоутвореними каолінітом, серицитом, хлоритом).

Уламкова слюда гідратована до втрати забарвлення, утворює віялоподібні розщиплені агрегати (рис. 2, і, й).

Порода ущільнена. Міжзернові контакти інкорпораційні — до 15%; конформізм уламків на окремих ділянках — до 40%.

Лейсти уламкової гідрослюди підкреслюють зміщення та ущільнення міжзернового простору.

Накладені процеси — хлоритизація, карбонатизація.

Пористість за геофізичними даними — до 15%.

Гравеліт карбонатизований (св. Ланівська 305, гл. 3835–3841 м)

Текстура породи брекчійова, шарувата. Структура різконерівномірнотзерниста.

Уламкова частина становить 70% породи; представлена кутастими уламками (5–7 мм у діаметрі) аргіліту (22%), кварцу (20%), плагіоклазів (10%, з яких половина слабо змінена), гідрослюдою (5%), ефузивами, кварцитами, кристалічними сланцями (разом 5%), піритом (3%), новоутвореннями каолініту та дікиту (до 3%), акцесоріями (сфен, анатаз, рутил, монацит, циркон) (2%), у гніздах — цеолітами.

Цемент сягає до 30% породи; первинний гідрослюдистий (до 5%); карбонатний, ангідритовий поровий та напівбазальний (до 10%); кварцовий Кс-III (до 15%).

Катагенетичних перетворень зазнала як уламкова частина порід, так і цемент.

Хлоритизація по цементу та уламкових слюдах — 1–3%.

Кварц представлений окремими уламковими зернами з регенераційними облямівками (до 10%) тонкими підрозчиненими, потужністю до 0,1 мм; у цементі — дрібнозернистими ідіоморфними кристалами розміром до 0,1 мм та

химерними низькотемпературними (до 100°C) халцедоновими утвореннями, які розростаються з глинисто-гідрослюдистих агрегатів (рис. 2, н).

50% плагіоклазів сильно каолінізовані та серицитизовані до утворення ящиккових (футлярних) мікроструктур, 50% — слабо змінені.

Тип цементу поровий, плівковий, безцементний, регенераційний (облямівка регенераційна тонша за 0,1 мм, асиметрична на кварці та рідко — на плагіоклазах).

Накладені процеси — хлоритизація, карбонатизація, галокатагенез, піритизація.

Катагенез пізній глибинний (III ступінь)

Пісковик дрібно-, середньозернистий (св. Мар'янівська 50, гл. 3906–3916 м).

Уламкова частина становить до 80% породи. Вона представлена кварцом (60–65%), лейстами гідратованої слюди (3–5%), реліктами плагіоклазу (до 4–5%), уламками порід (монтморилонізовані, серицитизовані та хлоритизовані уламки ефузивів та кварцитів) — до 3–5%, зернами рутилу, сфену.

Цемент сягає до 20% породи: первинний каолініт-гідрослюди́стий — 5%, кварцовий (спостерігаються елементи зливного) — до 7%, перекристалізований гідрослюди́стий (серицит) — до 8%, в порах міжзернового простору — новоутворення каолініту.

Зерна кварцу сильно кородовані; корозії зазнали і регенераційні облямівки, яких збереглося до 10%. Контакти між зернами кварцу інкорпораційні — до 5%, спостерігаються мікростилолітові шви, розчинення під тиском; конформізм уламків на окремих ділянках — до 80%, що створює мікротекстурні елементи пошарового ороговикування та окварцювання.

Плагіоклази сильно змінені, каолінізовані, гідрослюди́зовані до утворення ящиккових мікротекстур.

Накладені процеси — карбонатизація, галокатагенез.

Дрібнозернистий алевропісковик (св. Кобзівська 50, гл. 3490–3508 м).

Уламкова частина становить до 50% породи. Вона представлена кварцом (25–30%), лейстами первинної гідратованої слюди (8–10%), реліктами плагіоклазу (до 5–8%), уламками порід (плагіоклаз-кварцових та кварцитів) — до 5%, хлоритизованим глауконітом (?) з включеннями зерен рутилу, сфену — до 2%.

Кварц кородований (розчинений по краях), частина зерен зазнала регенерації (облямівка

— до 0,05 мм, асиметрична). Плагіоклаз сильно змінений до футлярних, ящиккових мікроструктур. Лейсти уламкової гідрослюди підкреслюють первинне нашарування.

Цемент — 50%. З нього 30% сильно закриті гідрооксидами заліза. Решта — 20% представлена гідрослюдами, каолінітом, кварцом (до 15%), хлоритом. Відмічаються катагенетичні зміни цементу, охарактеризовані вище як перетворення Кс-II та Кс-III. Релікти первинного цементу (Кс-I) становлять до 2%; крупнолушкватий серицит, каолініт, хлорит (Кс-III) — до 10%, окварцювання, новоутворення кварцу, халцедону (гнізда) — до 8%. Слюда цементу утворює елементи перехресної та коміркової мікротекстури.

Контакти міжзернові інкорпораційні — до 15%; конформізм уламків на окремих ділянках — до 70%.

Цемент поровий, плівковий, поровопетельчастий.

Накладені процеси — карбонатизація, галокатагенез.

Пористість породи за геофізичними даними — до 5%.

Алевритистий аргіліт (св. Кобзівська 10, гл. 3517 м)

Верстувата текстура породи зумовлена перешаруванням алевритистого аргіліту та аргіліту. Уламкова частина становить до 75%. Уламки представлені кварцом (до 60%), польовими шпатами, головним чином плагіоклазами (5-10%), зміненою гідрослюдою (5–8%), зустрічаються окремі гнізда каолініту (1%).

Цемент серицит(2%)-хлорит(2%)-гідрослюди́стий(8%) складає від 25% породи. Відповідає цементу Кс-II та Кс-III ступенів катагенетичних перетворень. Слюда цементу орієнтуються та утворюють характерні паркетні, комірчасті мікротекстури (рис. 2, є, ж).

Контакти міжзернові інкорпораційні — до 15%; конформізм уламків — 75% та вище до бластезу. У тінях тиску спостерігається гідрослюди́зація кварцу; контури зерен кварцу кородовані (підрозчинені) (рис. 2, к).

Основні процеси — ущільнення, гідрослюди́зація, хлоритизація гідрослюди, окварцювання, бластез.

Найхарактерніші структурно-текстурні катагенетичні ознаки порід формації узагальнено у таблиці. Кварц становить від 50 до 90% уламків алевритів та пісковиків формації. Він утворює як окремі зерна слабо обкатані, не обката-

ні, пропелероподібні (з ефузивних порід), так і входить до складу уламків кварцитів, хлорит-кварцових сланців, кислих магматичних порід.

У верхній та нижній частинах розрізу формації кварц кородований і має корозійні контакти з карбонатами, гідроокислами заліза, гідрослюдою. Корозійні контакти з гідрослюдою характерні для всього інтервалу глибин поширення формації та всіх гранулометричних типів порід.

Значна частина зерен кварцу проростає по боках паралельними лусками серициту, іліту, рідше хлориту (рис. 2, е, з, ї, к, л).

Велике поширення має кварц з регенераційною мікструктурою (рис. 2, і). Такий кварц в окремих типах порід формації становить до 40%. Потужність регенераційних облямівок — до 0,2 мм; регенерація асиметрична, на окремих інтервалах підкреслюється скупченнями гідроокислів заліза. На глибинах понад 3800 м встановлюється зона перерозподілу кремнезему, що проявляється в інтенсивному кородуванні зерен та регенераційних облямівок на фоні бластему. Уламковий кварц з типоморфними ознаками метаморфічного (з смужками Бьома, деформаційними пластинками та ін.) стійкіший до корозії.

Спостерігається декілька стадій зміни зерен кварцу, що свідчить про багатоетапність змін геохімічних та стресових умов при катагенезі.

Аутигенний кварц в різній кількості присутній у всіх досліджуваних інтервалах.

На ряді структур у нижній частині зони середнього катагенезу, що відповідає стадії Кс-II, встановлюється зона розвитку низькотемпературного (до 100°C) халцедону, який розростається з глинисто-гідрослюдицих агрегатів. На зовнішніх частинах халцедонових утворень встановлюється облямівка новоутвореного кварцу, що може свідчити про поступове збільшення температури мінералоутворення.

Парагенезис структур гравітаційної корозії уламкових зерен і регенерація кварцу, значний розвиток конформно-регенераційних структур, що поширюються як на уламковий, так і на аутигенний кварц — індикатори пізньокатагенетичних перетворень породи.

Встановлено нерівномірність проявів катагенетичних змін порід формації, залежно від стадії та етапу катагенезу, особливостей первинного мінерального та/або гранулометричного складу порід. Основними факторами, що впливають на стадіальні перетворення порід, є фізичні параметри, такі як літостатичний тиск

перекриваючих порід та температура.

На стадії раннього та середнього катагенезу переважають мінеральні перетворення цементу порід (рання та середня стадії), на стадії пізнього катагенезу — текстурно-структурні зміни.

Галокатагенез

У породах картамиської формації в алевритових, алевропісковикових різновидах встановлено катагенетичний доломіт, ангідрит, целестин, барит, галіт і навіть силівін (рис. 3).

Кальцит і доломіт виповнюють пори, каверни, тріщини. Доломіт представлений субромбоедричними і ромбоедричними кристалами та їх агрегатами. Кальцит часто перекристалізований, складає цемент на ділянках карбонатного оглеєння порід, має добре проявлену спайність. На окремих інтервалах карбонати (кальцит, анкерит) не тільки пасивно виповнюють міжзерновий простір, а й кородують та заміщують польові шпати, кварц, просякають глинистий цемент.

Целестин та барит утворюють окремі кристали або агрегати у кавернах та тріщинах розміром 0,5–1,5 мм. Одиначні зерна-кристали целестину встановлені тільки в самій верхній частині формації.

Ангідрит сірий з голубуватим або рожевим відтінком, утворює ізометричні, видовжено-таблитчасті, короткостовпчасті, шестуваті, іноді з двійниками кристали, їх зростки та радіально-променисті агрегати (рідко) (рис. 3, в). Ангідрит просякає крупнозернисті прошарки та утворює ділянки з цементом порового типу, який не кородує і не взаємодіє з прилеглими зернами, а просто виповнює пори міжзернового простору. Ділянки порід з розвитком катагенетичного ангідриту переважно складені добре обкатаними уламками.

Ангідрит та карбонати іноді зонально розташовуються у пустотному просторі. Як правило, ангідрит виповнює зовнішню частину пор, а добре розкристалізовані ромбоедри доломіту тяжіють до центральних частин.

До ділянок поширення ангідриту приурочені скупчення дисульфідів заліза — переважно піриту (рис. 3, і – л), який представлений мікронними октаедричними, кубічними, пентагон-додекаедричними кристалами та фрамбоїдами розміром до 0,01 мм, які утворюють псевдоморфози по органічних рештках.

Галіт безколірний, прозорий, матовий, утворює субгоризонтальні невитримані мікропро-

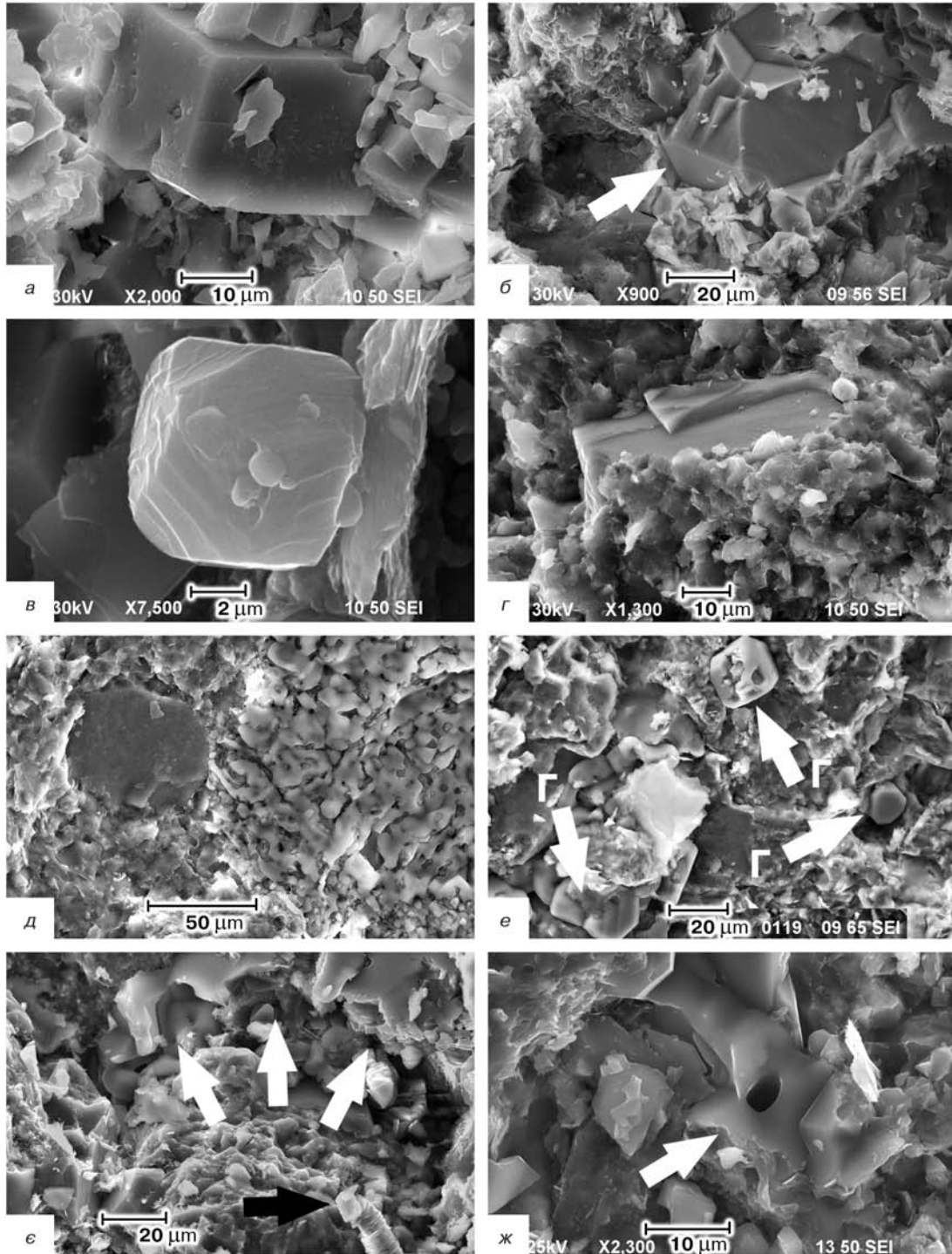


Рис. 3. Галокаатагенетичні утворення в породах теригенної червоноколірної формації: а — аутигенний доломіт (св. 50 Кобзівська, 3368–3370 м); б — аутигенний барит (св. 50 Кобзівська, 3437–3440 м); в — аутигенний ангідрит в поровому просторі алевро-пісковіку (св. 50 Кобзівська, 3370 м); г — (св. 50 Кобзівська, 3370 м); д — будова галітового прошарку (св. 50 Кобзівська, 3440 м); е — кристали галіту позначено стрілками (св. 50 Мар'янівська, 3916 м); є — алевро-аргіліти з сильвіном (позначено білими стрілками), галітом, аутигенним каолінітом у формі стовпчика монет (позначено чорною стрілкою) у поровому просторі (св. 50 Кобзівська, 3437–3440 м); ж — галіт позначено стрілкою, що виповнює поровий простір в теригенній породі (св. 50 Кобзівська, 3368–3370 м)

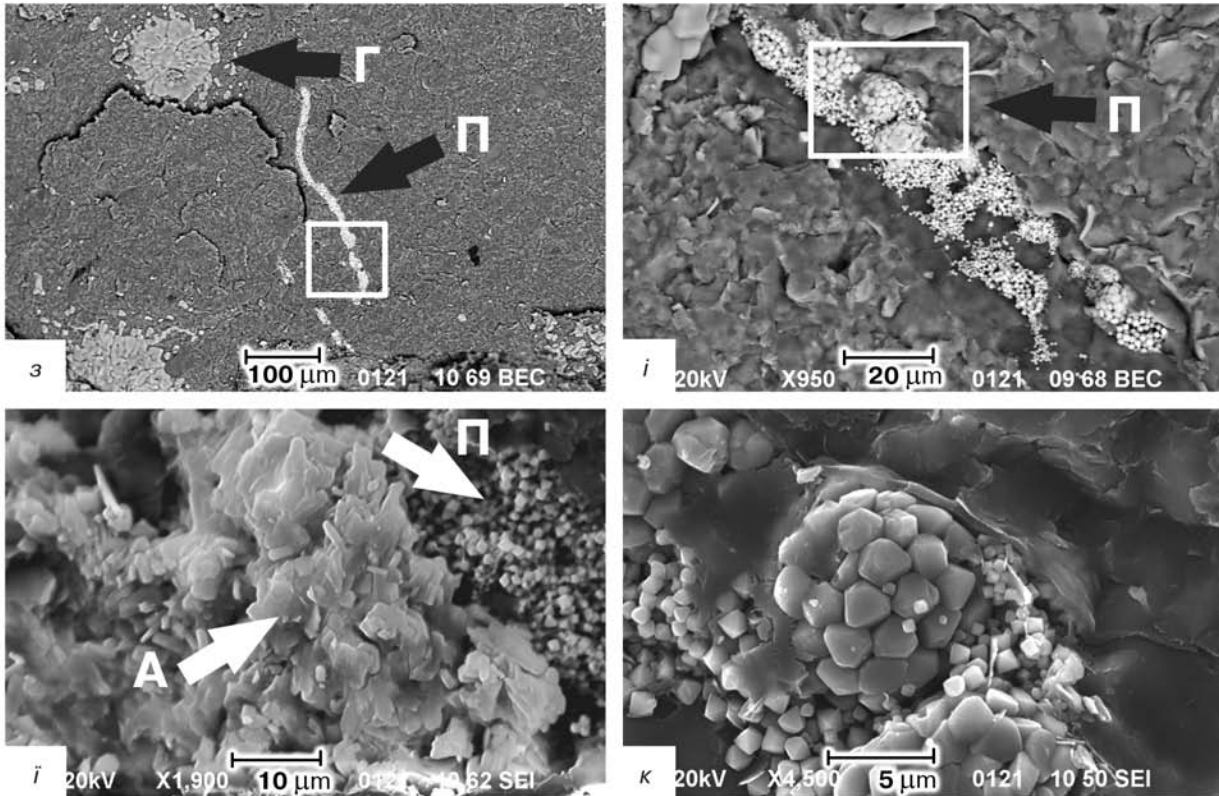


Рис. 3 (продовження). з – к – аутигенний діагенетичний дисульфід заліза по органічним решткам (переважно пірит) утворює кристалики кубічні, інколи октаедричні та пентагонально-додекаедричні, фрамбоїди (до 0,01 мм в діаметрі) та їх скупчення, стрілками позначено А — ангідрит, Г — галіт, П — пірит; і — фрагмент з; к — збільшений фрагмент і (св. 305 Ланівська, 3835 м). Скануючий електронний мікроскоп, зображення у вторинних електронах (SEI) та відбитих електронах (BEC).

шарки та/або мікролінзочки, складені агрегатами з добре розвиненими кубічними та октаедричними гранями, їх комбінаціями або виповнює пори, утворюючи безформні маси розміром до 3 мм.

Сильвін встановлено лише на Кобзівській площі в алевро-аргіліті з інтервалу 3437–3440 м (св. Кобзівська, 50) у алевритистих прошарках, де він утворює безформні скупчення у міжзерновому просторі. При дослідженні на електронному мікроскопі добре видно, що галіт і сильвін виповнювали міжзерновий простір останніми. В цих же порах спостерігаються новоутворення каолініту, кварцу, хлориту (рис. 3, е, ж).

А.О. Махнач у катагенезі порід, що виповнюють седиментаційні басейни, які містять соленосні формації, виокремив особливий тип катагенезу — галокатагенез [10, 11]. Розвиток процесів галокатагенезу ми услід за А.О. Махначем пов'язуємо з проникненням у теригенну товщу розсолів соленосних формацій. Як відомо,

на досліджуваній території розвинені дві соленосні формації (верхньодевонська франська та нижьопермська асельсько-сакмарська). Їх існування у розрізі осадової товщі призводить до формування принаймні двох типів підземних вод: седиментогенних розсолів та розсолів вод вилуговування [10, 11].

Як показав А.О. Махнач, для Прип'ятського прогину підсольові та міжсольові відклади містять седиментогенні розсоли, які утворюються з розсолів солеродних водойм під час седиментогенезу (наддонна ропа зони седиментації). Загальна мінералізація розсолів під регіонально витриманими соленосними формаціями сягає 280–600 г/л; склад відрізняється більшим вмістом кальцію, низькою сульфатністю, підвищеним вмістом бромиду, стронцію та інших мікрокомпонентів. В надсольовій та суміжній з сольовими відкладами зонах залягають розсоли та води вилуговування, які є результатом розчинення порід соленосних формацій прісними атмогенними або таласогенними водами

нормальної солоності або підземними водами. Мінералізація цих розсолів сягає 320 г/л, у їх складі переважає NaCl, концентрація сульфат-іона досить висока, мікрокомпонентів (Br, Sr та ін.) — низька [10, 11]. Поширення описаних вище аутигенних мінералів у відкладах формації, яке має афаціальний характер, ми пов'язуємо з проникненням у ці відклади мінералізованих розчинів вилуговування під час фаз тектонічної активізації, зокрема галотектокінезу. Проникнення цих розчинів впливає і на перерозподіл кремнезему, який у лужному середовищі розчиняється, а під дією хлоридних слабо кислих розчинів осаджується.

Про афаціальність поширення, наприклад, галіту свідчить його присутність і в сірих, і в червоних різновидах порід, а також приуроченість його до контактів глинистих прошарків з більш крупнозернистими різновидами. Наприклад, у св. Мар'янівська «краплі» галіту встановлено на поверхні, вкритій лусками слюди. В інтервалах розвитку аутигенних галокатагенетичних мінералів у св. Кобзівська-52 визначено, що вміст стронцію зменшується на порядок.

ОБГОВОРЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ

Дослідження показали, що ступінь катагенетичних перетворень у породах формації зменшується у ряді гравеліти/конгломерати → пісковики → пісковики з карбонатним цементом → алевроліти → аргіліти. Ступінь катагенетичних перетворень у пісковиках та алевролітах залежить від співвідношення кількості цементу та уламків: найбільших змін зазнають породи з найменшим вмістом цементу. Найбільше мінеральних новоутворень катагенетичного походження встановлено у породах, уламкова частина яких містить ефузиви.

Вивчені латеральна та вертикальна катагенетичні зональності свідчать, що на регіональній катагенетичній перетворення, пов'язані з регіональними факторами катагенезу — зануренням порід в область відносно високих температур та тиску, в період інверсії (інверсія на різних структурах проявилася на різних рівнях) тектонічного режиму накладались локальні фактори, пов'язані з надходженням нагрітих флюїдів по проникних зонах (окремі літологічні типи порід) і розривних порушеннях.

На зональність проявів катагенезу, зокрема нижньопермських відкладів у південно-східній частині ДДЗ, вказують і дані інших авторів. Зокрема, Т.В. Дудар пов'язує ступінь катагенезу

порід сребрянської, дронівської та картамиської світ з впливом глибинного Горлівсько-Олексіївського розлому від Степківської до Новотроїцької структури, тобто на південний схід у напрямку Донецької інверсійно-складчастої області, що зумовлюється зростанням геотермічного градієнта (до 50 град/км), дія якого послаблялась інверсійним здійсненням і призвела до зменшення проявів цього впливу.

Вивчені нами породи за асоціаціями аутигенних мінералів значно відрізняються від описаних Г.В. Карповою [6]. В цій роботі при характеристиці асоціації глинистих мінералів нижньопермської червоноколірної формації, зокрема, зазначено, що «... даже в крупнозернистых обломочных породах с глинисто-карбонатным цементом глинистая примесь хлорит-гидрослюдистого состава не несет явных признаков аутигенности» [6, с. 86]. За результатами наших досліджень (таблицю, рис. 1, 2, г, е, з – л) в цементі гравелітів, пісковиків, алевролітів встановлено у значній кількості аутигенні утворення хлориту, каолініту, окремих політипів гідролюди. Ці розбіжності, можливо, пояснюються різним режимом катагенетичних перетворень порід формації на різних структурах.

ВИСНОВКИ

Встановлено нерівномірність проявів катагенетичних змін порід формації залежно від стадії та етапу катагенезу, особливостей первинного мінерального та/або гранулометричного складу порід. Основними факторами, що впливають на стадіальні перетворення порід, є фізичні параметри, такі як літостатичний тиск перекриваючих порід та температура.

На стадії раннього та середнього катагенезу переважають мінеральні перетворення цементу порід (рання та середня стадії), на стадії пізнього катагенезу — текстурно-структурні зміни.

Встановлено латеральну та вертикальну зональність катагенетичних перетворень в теригенних породах червоноколірної картамиської формації. Зокрема, найбільший ступінь катагенетичних змін виявлено у приапікальних частинах антиклінальних структур, а найменший — на ділянках депресій.

Азональним та афаціальним катагенетичним процесом є галокатагенез, розвиток якого контролюється поширенням по проникних зонах мінералізованих розчинів, пов'язаних з

потужними девонською та нижньопермською соленосними формаціями.

Подальші дослідження передбачають розробку кількісних характеристик катагенетичних змін для різних типів порід, що зазнають різних ступенів перетворень, з метою кореляції ступенів та встановлення зональності, а також визначення ролі і місця галокатагенезу в літогенезі порід формації.

Автори щиро вдячні д-ру геол. наук К.І. Деревській (ІГН НАН України, м. Київ) за плідне обговорення результатів стадіальних досліджень катагенетичних змін теригенних порід та їх інтерпретації; Я.В. Яремчук (Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України, м. Львів) — за рентген-дифрактометричні дослідження алевритової і пелітової фракцій порід; канд. техн. наук В.В. Пермякову (лабораторія фізичних методів досліджень ІГН НАН України, м. Київ) — за технічну підтримку виконання електронномікроскопічних досліджень.

1. Айзенберг Д.Е., Берченко О.И., Бражникова Н.Е. и др. Геология и нефтегазоносность Днепровско-Донецкой впадины. Стратиграфия. — Киев: Наук. думка, 1988. — 148 с.
2. Аммосов И.И., Шаркова Л.С. Палеотемпературы, литификация и нефтегазоносность юрских отложений западной части Казахстана и Средней Азии. Палеотемпературы зон нефтеобразования. — М.: Наука, 1975. — 172 с.
3. Берченко О.И., Боярина Н.И., Вакарчук Г.И. и др. Геологическая история территории Украины. Палеозой. — Киев: Наук. думка, 1993. — 199 с.
4. Граувакки /. Отв. ред. В.Д. Шутов. — М.: Наука, 1972. — 172 с. — (Тр. ГИН АН СССР; Вып. 238)
5. Дудар Т.В. Катагенез и наложенные изменения пород, вмещающих свинцово-цинковое оруденение в юго-восточной части Днепровско-Донецкой впадины: Автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. — Киев, 1992. — 21 с.
6. Карлова Г.В. Глинистые минералы и их эволюция в терригенных отложениях. — М.: Недра, 1972. — 174 с.
7. Копелиович А.В. Эпигенез древних толщ юго-запада Русской платформы — М., 1965. — 311 с. — (Тр. ГИН АН СССР; Вып. 121)
8. Логвиненко Н.В., Орлова Л.В. Образование и изменение осадочных пород на континенте и в океане. — Л.: Недра, 1987. — 236 с.
9. Лукин А.Е. Литолого-динамические факторы нефтегазонакопления в авлакогенных бассейнах. — Киев: Наук. думка, 1997. — 223 с.
10. Махнач А.А. Постседиментационные изменения межсолевых девонских отложений Припятского прогиба. — Минск: Наука и техника, 1980. — 200 с.
11. Махнач А.А. Стадиальный анализ литогенеза. — Минск: Изд-во БГУ, 2000. — 255 с.
12. Нестеренко Л.П. Нижнепермские отложения Кальмиус-Торецкой котловины Донецкого бассейна: (Опыт изучения по лутугинской методике). — Киев: Донецк: Выш. шк., 1978. — 148 с.
13. Осипов В.И., Соколов В.Н., Еремеев В.В. Глинистые покрывки нефтяных и газовых месторождений. — М.: Наука, 2001. — 238 с.
14. Стратиграфия УРСР. — Киев: Наук. думка, 1970. — 199 с.
15. Феофилова А.П. Переход угленосных отложений карбона в соленосных отложениях перми на Западном Донбассе. — М.: Наука, 1966. — 175 с.
16. Шехунова С.Б., Шевченко О.А., Мачуліна С.О. Літологічні особливості порід теригенної червоноколірної (картамышської) формації (південно-східна частина Дніпровсько-Донецької западини) // Збірка наукових праць ІГН НАН України: Сучасні проблеми літології та мінералогії осадових басейнів України та суміжних територій — К., 2008. — С. 216–224.
17. Шумлянський В.О., Деревська К.І., Дудар Т.В. та ін. Літогенез та гіпогенне рудоутворення в осадових товщах України. — К., 2003. — 272 с.
18. Шутов В.Д. Минеральные парагенезисы граувакковых комплексов — М.: Наука, 1975. — 112 с. (Тр. ГИН АН СССР, Вып. 278)
19. Япаскурт О.В. Генетическая минералогия и стадиальный анализ процессов осадочного породо- и рудообразования. — М.: ЭСЛАН, 2008. — 356 с.

¹ — Інститут геологічних наук НАН України, Київ
E-mail: shekhun@igs-nas.org.ua

² — Дочірнє підприємство «Науково-дослідний інститут нафтогазової промисловості» НАК «Нафтогаз України», Київ
E-mail: shevchenko@naukanaftogaz.kiev.ua

Рецензент — чл.-кор. НАН України О.Ю. Митропольський