

УДК 553.62(477.61/62)

**КАТАГЕНЕЗ ПІСКОВИКІВ ПІВДЕННО-ЗАХІДНОГО ДОНБАСУ  
І ЗВ'ЯЗОК ЦЬОГО ПРОЦЕСУ З КОЛЕКТОРСЬКИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ**

**В. Баранов, Л. Маметова**

*Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України  
49005 м. Дніпропетровськ, вул. Сімферопольська, 2а  
E-mail: nanu@igtm.dp.ua*

Наведено результати дослідження мінеральних перетворень у пісковиках карбону Південно-Західного Донбасу. Визначено структурні зміни карбонатів та їхній вплив на колекторські властивості.

*Ключові слова:* пісковики, карбонати, мінерали цементу, колекторські властивості, катагенез, карбон, Донбас.

Структурно-мінералогічні перетворення в осадових породах привертали увагу вчених з часу першого застосування мікроскопічного методу дослідження – з середини ХІХ ст. На початку ХХ ст. О.Д. Архангельський (1912) чітко розділив мінерали на дві групи за умовами утворення: первинні та вторинні. Далі академік О.Є. Ферсман (1922) запропонував такі стадії мінералоутворення: сингенез, діагенез, катагенез і гіпергенез. Ця схема не втратила значення й нині, дещо корегували тільки назви стадій (М.Б. Вассоевич, 1952) і межі між ними. Пізніше Л.Б. Рухін (1956) увів поняття прогресивного і регресивного епігенезу (катагенезу).

Вивчення катагенетичних перетворень вуглевмісної товщі Донбасу стало актуальним з огляду на потребу захисту гірників від метану, оскільки катагенез є одним із важливих чинників, що впливають на розподіл газу в породах і вугільних пластах. Цій проблемі присвячені праці М.В. Логвиненка (1968), О.Є. Лукіна (1977), В.Ю. Забігайла (1972, 1990, 1994), В.В. Лукінова (1990, 1992), В.А. Баранова (1998, 2000), І.В. Бучинської (1999, 2002) та інших дослідників.

Інтенсивність постседиментаційних змін порід залежить від низки чинників, серед яких успадкованість середовища осадоагромадження. Такі його параметри, як рН і Eh, упродовж усіх етапів літогенезу зумовлюють склад і мінералізацію порових вод, а термодинамічний режим їхньої циркуляції безпосередньо впливає на вторинні перетворення вугленосної товщі та зміну її колекторських властивостей. Ми мали на меті простежити еволюцію катагенетичного мінералоутворення від ранніх до пізніх стадій на прикладі пісковиків Донбасу, яким властиві значна газосмістність, прояви суфлярів та раптові викиди.

Активними учасниками катагенезу, які безпосередньо впливають на колекторські властивості теригенних порід, є карбонати. Вони відчутно реагують на зміну температури, тиску, концентрації розчинів, що циркулюють у породах. З огляду на це карбонати можна вважати індикаторами умов породоутворення. В продуктивній товщі Донбасу, у межах раннього і частини середнього катагенезу, карбонати пере-

бувають у розсіяному, дрібноуламковому стані й утворюють пелітоморфні скупчення. В пісковиках вони представлені сидеритом, кальцитом, іноді анкеритом. У континентальних фаціях сидерит переважає над кальцитом (особливо це помітно в алевролітах), у морських фаціях першість належить кальциту. У відкладах перехідного типу вміст кальциту збільшується, а сидериту – зменшується.

Характерною особливістю вторинних перетворень карбонатних відкладів Донбасу є певна послідовність їхнього розвитку, яка супроводжується поетапною видозміною структури породотворних мінералів, складу цементу, його кількості, появою нових речовин. Головним робочим методом пізнання цих процесів є вивчення порід у шліфах, доповнене визначенням їхніх фізико-механічних властивостей. Поетапне перетворення зумовлене поступовим залученням у сферу перетворень різних породотворювальних компонентів відповідно до їхньої реакційної здатності. Виникають аутигенні мінерали, які з часом закономірно замінюють один одного.

Першим звернув увагу на зміну мінеральних асоціацій серед вуглеводних порід М.В. Логвиненко (1968). Він визначив декілька генерацій кварцу і кальциту; проте як полігенні мінерали вони потребують додаткового дослідження типоморфних особливостей і структурних відмінностей, яких автор не навів. Грунтовне дослідження поведінки карбонатів у зоні катагенезу в процесі зміни середовища є в праці О.І. Перельмана (1968), де схарактеризовано їхню участь у різних геохімічних процесах і виділено однойменний – карбонатний – тип епігенезу.

Роль карбонатів теригенних порід як індикаторів стадій постседиментаційного перетворення конкретизував В.І. Муравйов (1971). Дослідник навів характеристику більшості природних структурних модифікацій карбонатів у цементі, їхньої перекристалізації з появою параанкериту. Про розчинення карбонатів та їхній вплив на структуру порового простору порід-колекторів ідеться в праці колективу дослідників під керівництвом К.Р. Чепікова (1972).

Розгорнуту панораму вторинних змін у карбонатних відкладах Дніпровсько-Донецької западини (ДДЗ), пов'язану з нафтогазовими родовищами, дав О.С. Лукін (1977). Подальшими геологічними працями О.С. Кисельова, Г.М. Доленка та ін. (1990) у розрізах ДДЗ виявлено зону термодинамічної нерівноваги з трьома максимумами нафтогазоносності: на межі раннього й середнього катагенезу, а також у нижній частині середнього та верхній частині пізнього катагенезу, де і є більшість проявів газу й газоконденсату. Наявність таких зон у межах Донбасу не виключена, що простежується на прикладі еволюції низки мінералів, серед яких і карбонати.

Відомо [8], що сполуки кальцію погіршують фільтраційні властивості порід – унаслідок перекристалізації глинисто-вапнякового матеріалу виділяється кальцит, який проникає в пори між зернами. Водночас у працях Р.Е. Сегніта (1959), Р.М. Гаррелса (1968), К.Г. Григорчука (1986) визначено, що кальцит реагує на зміну термодинамічних умов: у діапазоні температур 80–120°C можливий перехід його в розчин. Розчинність швидко зростає з поступовим підвищенням тиску CO<sub>2</sub> (до 100 атм) і температури (до 374°C), а головним чинником, на думку Д.С. Коржинського (1953), є зниження рН розчину.

Катагенетична генерація карбонатів у нижньо-верхньовізейських і турнейських відкладах ДДЗ алювіально-дельтового генезису виявлена локально, а в морських фаціях максимально поширена, особливо в турнейських. Нижньовізейські теригенні утворення починали трансгресивний цикл, який завершився карбонатутворен-

ням. Для верхньовізейського періоду характерна дрібна ритмічність у цілому регресивного циклу [3]. Донбас, на відміну від ДДЗ, має явно виражену блокову будову, тому інверсійні процеси, складчастість, формування тектонічних порушень привели до виникнення окремих секторів стиснення–розтягування, які збуджували вторинні міграційні процеси.

На думку авторів [9], у регіональних зонах зсуву транскорового рівня ділянки локального розтягування опускаються, а ділянки стиснення підіймаються. Такі переміщення супроводжуються різними процесами: у першому випадку підвищуються тиск і температура – прогресивний епігенез за Л.Б. Рухіним [12], у другому – ці параметри знижуються – регресивний етап. Під час прогресивного катагенезу породи ущільнюються і збезводнюються. Ці явища відбувались у ранньому карбоні ДДЗ, причому інтенсивність їх у південно-східному напрямі зростає.

У Донбасі, починаючи з Павлоградсько-Петропавлівського району, серед пісковиків цього ж віку (в зоні вугілля марки Г) простежується перехід мінералів з малою густиною в різновиди з більшою, наприклад, опалу в халцедон. Карбонати пелітоморфної і мікрозернистої структури в пісковиках світи  $C_1^3$  утворюють плямисті скупчення. Розподіл їх у низах товщі рівномірний, а у верхах розрізу світи змінюється на спорадичний, іноді ланцюжок мікрозерняток видно на уламкових зернах. У цілому середній вміст карбонатів становить 10,7 % (ділянка Брагинівська). У мінеральному складі пісковиків переважає сидерит, про ранньоєпігенетичний етап свідчить поява ділянок перекристалізації кальциту на контакті пісковиків з вапняком (шахта ім. Героїв космосу).

Красноармійський район – це перехідна тектонічна зона між Західним і Великим Донбасом, де на тлі горизонтального стиснення (східна частина: шахти Центральна, Краснолиманська, ім. О.Г. Стаханова) виникли локальні структури розтягування (західна частина: шахта Красноармійська-Західна-1). У цьому районі серед теригенних відкладів товщі  $C_1^4$  зберігається аналогічне співвідношення модифікацій карбонатів, проте кальцит з'являється не тільки в цементі, у вигляді дрібних скаленоєдрів він оточує уламки й пори в пісковиках.

На прикладі зазначеної світи (шахта Красноармійська-Західна-1) простежимо динаміку перетворення карбонатів зі збільшенням ступеня вуглефікації. З палеоглибиною на рівні вугільних пластів марки Ж загальна карбонатність відкладів (і кальциту також) збільшується з 6,3 % у пісковиках району вугілля марки Г до 9,3 % у районі марки Ж. Паралельно відбувається процес окиснення органічного матеріалу, що теж збільшує об'єм  $CO_2$ . У таких пісковиках кальцит агресивний, витісняє каолінит і гідрослюди в цементі, кородує уламки кварцу, плагіоклазів, слюди; переважають корозійний і корозійно-поровий типи цементу.

У теригенних відкладах, які містять вугілля марки К, кількість карбонату зменшується до 5,3 %, і переважає іноді кальцит. Навколо сидеритових плям видно облямування гідроксидів заліза. Відновлювальні процеси посилилися; можна припустити, що декарбонатизація відбувалась унаслідок зміни рН середовища, підвищення температури, тиску і переходу  $CaCO_3$  в іонний стан. Збільшується вміст вуглекислоти в порових розчинах, що позначається на кременистих уламках (по периферії зростає ступінь розкристалізації опалу, халцедону), регенераційний кварц проникає в сусідні зерна.

На початку пізньої стадії катагенезу в районі марок вугілля ПС, П простежується локальний перерозподіл речовин, який в аргілітах і пісковиках відбувається по-

різному. Вміст кальциту в пісковиках знову збільшується до 7,4 %, зате пористість (і, відповідно, проникна здатність) різко зменшується до 4,2 %. У складі цементу зникає каолінит, який перетворюється на суміш гідрослюд і змішаношаруватих утворень. Далі в пісковиках з вугіллям марки П уже нема слюди змішаношаруватої будови. Середні значення відкритої пористості в розрізі світи з палеоглибиною мало змінюються – 7,25–7,43 %. Однак порівняно з Павлоградсько-Петропавлівським районом, де цей коефіцієнт становить 9,6–10,3 % (ділянка Брагинівська), відбувається поступове підвищення тиску, що свідчить про посилення інтенсивності катагенетичних змін у пісковиках Красноармійського району в намюрський час. Циклічні перетворення карбонатів та інших мінералів відбувалися й у середньому карбоні.

У Красноармійському районі породи середнього карбону, в яких досліджували карбонати, належать до башкирського і московського ярусів. Це світи  $C_2^5$  на шахті Краснолиманська і  $C_2^6$  на ділянці Північнородинській, на шахті ім. О.Г. Стаханова. У пісковиках карбонати розподілені нерівномірно – більше поширені бурі мікроезернисті агрегати, як у вигляді плямистих скупчень, так і всередині уламків і між ними. Нижня частина розрізу світи  $C_2^5$  (шахта Краснолиманська) представлена алевритистими різновидами пісковиків, які на західній ділянці шахти містять більше карбонатів, ніж на східній. Верхи розрізу – це крупно-середньозерниста серія піщаної товщі з такою ж невитриманою карбонатністю, яка має тенденцію до зростання внаслідок збільшення вмісту вторинного кальциту. Кальцит простежується по периферії бурих скупчень та у вигляді окремих індивідів. Ці пісковики хоч і подібні за складом уламків до нижньої пачки, однак відрізняються мінералогією цементу.

Окрім гідрослюд і карбонатів, у цементі є також каолінит і вермикуліт. Появу вермикуліту пояснюють трансформацією біотиту, проте без остаточного завершення процесу діоктаєдризації слюди аж до утворення монтморилоніту [6]. Ємність катіонного обміну у вермикуліті найбільша серед глинистих мінералів, а кількість води між шарами стала, на відміну від монтморилоніту [11]. З підвищенням температури вермикуліт має здатність збільшуватися в об'ємі внаслідок утворення водяної пари між шарами його структури. Саме завдяки цій властивості погіршуються параметри газоемності теригенних порід, особливо тоді, коли до вермикуліту приєднуються карбонати. Як і в нижньому карбоні, у світі  $C_2^5$  є сидерит і кальцит. Кальцит катагенетичного походження агресивний до уламків плагіоклазів і до цементу, зокрема, до каолініту.

Далі в північно-східному напрямі на ділянці Північнородинській верхня частина розрізу світи представлена товщею пісковиків  $k_8^u SI_1^o$ , де чергуються дрібнозернисті серії з крупно-середньозернистими. Серед них теж простежуються плямисті скупчення сидериту, кальциту, вермикуліту. Загальна карбонатність цієї товщі змінюється: в нижній частині розрізу від 8,6 % у середньому (в окремих випадках підвищується до 17 % з переважанням сидериту) до 2–3 % у верхній частині розрізу винятково кальцитового складу. Вермикуліт виявлений серед гідратованого біотиту в нижній дрібнозернистій серії пісковиків, там же помітна розкристалізація халцедону по периферії уламків на контакт з кварцом. Цемент змішаного типу: контакто-поровий, поровий у поєднанні з ділянками безцементного контакту або базального. Серед скупчень карбонату є вуглефіковані рослинні залишки (2,8 %), луски гідратованого біотиту, пластинки мусковіту.

На шахті ім. О.Г. Стаханова цей пісковик ( $k_8^h Sl_1^6$ ) має переважно середньозернисту структуру, вміст карбонату в ньому змінюється від 1,0 до 7,5 %, а цемент каолінит-гідрослюдикий з деякою домішкою карбонату. Каолінит і кальцит мають вторинне – катагенетичне – походження, про що свідчать релікти гідрослюд серед каолініту; крім того, каолінит заповнює тріщини в польових шпатах, утворює навколо них облямівки. Поширені карбонати нерівномірно, кальцит тільки іноді переважає над сидеритом, разом з ними виявлено поодинокі ромбоподібні кристали параанкериту.

Кварцові уламки теж структуровані – їхня периферія має мозаїчну будову (в поліризованому світлі). На ділянках безцементного контакту зерен між кварцом і польовими шпатами, плагіоклазами фіксують реакційні взаємовідношення. Кварц розпадає їх, утворює “бухти” і “затоки”. В таких термодинамічних умовах і з аналогічним рН середовища перебували пісковики  $l_1 Sl_2$  світи  $C_2^6$  (шахта ім. О.Г. Стаханова), вміст карбонату в яких незначний (до 3 %). На відміну від них, на ділянці Північнородинській у пісковикі  $l_3 Sl_4^a$  вміст карбонату (переважно пелітоморфної структури) збільшений до 12,0 %. Цю серію перекидає малокарбонатний нерівномірнозернистий пісковик  $l_4^{1+c} Sl_5$ , у якому катагенетичний кальцит становить від 1,0 до 4,0 %. Він утворився внаслідок руйнування плагіоклазів і перекристалізації пелітоморфних карбонатів. У пробі № 4 839 видно, як гідрослюда проникає в зерна польових шпатів, як витісняє каолінит. Водночас катагенетичний карбонат агресивний до гідрослюд.

За результатами досліджень побудовано табл. 1, що відображає петрографічний склад різних пісковиків у двох районах: Павлоградсько-Петропавлівському та Красноармійському. Ці дані можна порівнювати лише умовно, оскільки це різні світи, різні умови формування і, відповідно, перетворення. Звідси видно відносну витриманість петрографічних і колекторських параметрів у Красноармійському районі порівняно з Павлоградсько-Петропавлівським.

У Донбасі межею раннього катагенезу вважають гідрослюдидацію монтморилітових компонентів при температурі 70–100°C, яку виявила Г.В. Карпова [5] на глибинах 2800–3500 м. У верхній частині розрізу світи  $C_2^6$  (пісковики  $L_7 Sl_7^{c+d}$ ,  $l_8 Sl_8^1$ ) вміст карбонату знову збільшується і досягає 10–14 % у середній частині розрізу (в тонкозернистих відмінах – до 35,0 %). У пробі № 4 823 простежуються реакційні відношення між каолінитом і первинним карбонатом: каолінит витісняє карбонатні утворення і слюду цементу. Серед пісковиків цієї частини світи за розміром уламків виділяють дрібно- і середньозернисті пачки, перша з них нерідко містить більше карбонатів, ніж друга. В пробі № 4 831 видно поступову структурування пелітоморфних первинних карбонатів і перехід їх у зернисті агрегати. Агресивність кальциту зберігається в обох пачках. Стосовно мінералогічного складу треба зазначити, що переважає сидерит, а в пісковикі  $l_8 Sl_8$  у цементі є каолінит, який не зафіксовано в пісковикі  $L_7 Sl_7^{c+d}$  або виявлено в незначній кількості (0,1–0,3 %).

У середньокам'яновугільних пісковиках Донецько-Макіївського району, де залягає більшість вугільних пластів, які нині відпрацьовують, на ранніх стадіях катагенезу простежено таку ж циклічність мінеральних перетворень, як і в південно-західній частині регіону [1]. Об'єктами досліджень були світи  $C_2^3$ ,  $C_2^5$ – $C_2^7$ ,  $C_3^1$  на ділянці Орджонікідзівська–Глибока, шахтах ім. О.Ф. Засядька, О.О. Скочинського і Холодна Балка. Продуктивна товща містить вугілля марок від Г до ПС, П, що відповідає ранній, середній та пізній стадіям катагенезу.

Таблиця 1

Петрографічний склад пісковиків Красноармійського  
та Павлоградсько-Петропавлівського районів

Шахта, ділянка	Марка вугілля	Розмір уламків, мм	Вміст карбонатів, %	Вміст цементу, %	Вміст органіки, %	Пористість, %	Примітки
Красноармійський район							
Красноар- мійська- Західна-2-3	Г	0,18	6,3	16,1	1,2	7,43	$C_1^4$
	Ж	0,20	9,3	15,1	1,1	7,25	$C_1^4$
	К	0,24	5,3	10,5	1,5	7,38	$C_1^4$
	ПС	0,21	7,4	11,6	3,4	4,18	$C_1^4$
Північно- родинська	Г	0,30	10,6	12,2	0,9	9,09	$C_2^6$
	Ж	0,25	12,4	10,8	1,1	7,92	$C_2^5$ Вермику- літ
Красноли- манська	Г	0,27	4,9	12,9	0,5	9,73	$C_2^5$
	Г	0,14	7,8	14,1	0,9	5,71	$K_9Sk_7^5$ ;
	ГЖ	0,12	2,9	20,0	1,4	6,39	над $k_5$ вер- микуліт
Ім. О.Г. Ста- ханова	Г	0,27	3,3	17,6	0,6	9,46	$C_2^5, C_2^6$
Павлоградсько-Петропавлівський район							
Брагинів- ська	Г	0,12	10,7	34,1	4,2	9,88	$c_{10}^6Sc_{11}$
Благодаг- на	Г	0,16	1,9	26,7	–	19,70	$c_5Sc_7$

Ранній катагенез вивчали серед відкладів світи  $C_2^7$  на ділянці Орджонікідзівська–Глибока, де карбонати утворюють такі ж скупчення ясно-бурого кольору (за різними джерелами – первинно-уламкового або хемогенного походження), як і в Красноармійському районі, а вторинний кальцит формується внаслідок перекристалізації плагіоклазів. В окремих випадках відбувається перекристалізація ясно-бурого мікрозернистого сидериту з виникненням безбарвних дрібно- і середньозернистих кристалів кальциту.

Загальний середній вміст карбонатів у пісковиках зони розвитку вугілля марки Ж становить 7,10 % проти 6,35 % у зоні залягання вугілля марки Г. У межах однієї світи можна простежити еволюцію карбонатів на цій ділянці.

У породах з вугіллям різних ступенів вуглефікації з палеоглибиною збільшується інтенсивність катагенетичних перетворень: під впливом термобаричних умов мінералогічна рівновага порушується – серед пісковиків раннього катагенезу (Д–Г) переважає первинний сидерит, для початку середнього катагенезу (Ж) характерне чергування кальциту з сидеритом. Наприклад, у пісковіку  $m_6^2SM_7$  св. ШЦ-1027 на глибині 836,9 м сидерит становить 8 %; на глибині 844,9 м того ж шару вміст кальциту – 5 %; на глибині 953,4 м (під  $M_5$ ) вміст сидериту – 6 %, а кальциту – 1 %. Тип цементу корозійно-поровий з ділянками безцементного контакту уламків, що призводить до появи поодиноких сутуро-стилолітових мікроконтактів.

Далі, у нижній частині розрізу світи  $C_2^6$  у пісковиках біля вугілля марки К (середній катагенез) загальна карбонатність відчутно зменшується – до 4,1 %, катагенетичні процеси інтенсифікуються – навколо кварцових уламків простежується подвійна регенераційна облямівка (св. Щ-1027), тобто неодноразово розчиняються не тільки карбонати, а й уламковий кварц. Структури розчинення супроводжуються явищами регенерації зерен і формуванням своєрідного кварцового цементу, де скупчення зерен зцементовані спільною облямівкою регенераційного кварцу (св. Щ-468). Розчинення кварцу, на думку авторів [7], відбувається внаслідок локального збільшення рН порових вод у разі піритизації. Периферія великих уламків кварцу гранульована, мозаїчної будови, а в окремих з них видно деформаційну смугу, декоровану рудним мінералом.

Підстилають ці відклади пісковики світи  $C_2^5$  – кінця середнього, початку пізнього катагенезу (ПС), в яких вміст карбонатів знову збільшується до 6,1 %. На глибині 1 438,0 м переважає кальцит, через 2 м мікрозернистий сидерит і кальцит наявні в однаковій кількості. Далі з глибиною сидерит поступається першій кальциту, щоб у вигляді бурих плямистих скупчень знову переважати на глибині 1 459,0 м. Нерідко дрібні скаленоедри кальциту оточують сидеритові плями, розщеплюють пластинки мусковіту, а також відділяють регенераційну кварцову облямівку від уламка, чим виділяють послідовність епігенетичних перетворень на різних стадіях катагенезу. З сидеритом пов'язані скупчення рудних мінералів – гідроксидів заліза, магнетиту. Там, де є сприятливі умови дегазації флюїдів і виділення  $CO_2$ , міграційне двовалентне залізо буде осідати у вигляді сульфідів у тріщинуватих зонах. Отже, можна припустити, що виникнення сульфідів і кальцит останньої генерації – це результат процесу перерозподілу речовини в закритій системі [7].

Періодична зміна вмісту карбонатів по розрізі і в межах кожної зі світ свідчить як про вертикальну, так і про латеральну фільтрацію мінералізованих розчинів. Крім перебудови карбонатів, відбувається також заміна каолініту дикітом. Поява зерняток рудних мінералів у діагональних (щодо шаруватості) мікродеформаційних смугах кварцових уламків у пісковиках нижньої частини світи  $C_2^6$  пов'язана з активізацією геохімічних процесів під час тектонічних рухів. Пісковики біля вугілля марки П (пізній катагенез), порівняно з пісковиками біля вугілля марки ПС, містять більше цементу і вуглефікованої органіки (табл. 2).

Зростання кількості цементувального матеріалу зумовлене генетичними умовами осадоногопичення та перетворенням польових шпатів у дрібнолускуваті гідролітичні агрегати, серед яких іноді ще зберігаються контури уламків, однак переважно вони зливаються з цементом породи і ледве розпізнаються. Як новоутворення, простежуються сфероліти люсатиту діаметром 0,06 мм, крім того, серед польових шпатів інтенсифікується альбітизація периферії зерен, з'являються “ситоподібні” структури.

На шахті Холодна Балка у пісковиках світи  $C_2^3$  вміст карбонатів удвічі більший, ніж на ділянці Орджонікідзівська–Глибока, а поряд з сидеритом і кальцитом трапляються ромбоподібні зерна параанкериту. В розрізі світи почергово переважають то первинні, то вторинні карбонати, відповідно, пористість зменшується.

Таблиця 2

Петрографічні показники пісковику карбону Донецько-Макіївського району

Шахта,	Марка	Розмір	Вміст	Вміст	Вміст	Порис-	Світа
--------	-------	--------	-------	-------	-------	--------	-------

ділянка	вугілля	уламків, мм	карбонатів, %	цементу, %	органіки, %	тість, %	
Орджонікідзівська–Глибока	Г	0,30	6,4	13,2	0,59	5,43	$C_2^7$
	Ж	0,33	7,1	10,2	0,40	5,12	$C_2^7$
	К	0,27	4,1	10,8	0,90	4,55	$C_2^6$
	ПС	0,29	6,1	9,8	0,72	3,92	$C_2^5$
	П	0,23	5,0	19,2	1,20	2,96	$C_2^5$
Холодна Балка	П	0,21	10,7	13,9	0,78	2,55	$C_2^3$
Ім. О.Ф. Засядька	Ж	0,20	5,3	20,0	2,28	–	$C_2^5$
	К	0,25	7,1	10,0	1,21	4,55	$C_2^6$
	К	0,37	4,4	7,2	Сліди	6,59	$C_2^7$

На відміну від названих вище ділянок і шахт, серед пісковиків світ  $C_2^5$ – $C_2^7$  на шахті ім. О.Ф. Засядька вміст карбонатів регульований наявністю вуглефікованої органіки та вторинного, катагенетичного піриту. Особливо це стосується відкладів світи  $C_2^5$  з варіаціями вмісту органіки від 0,0л до 10 % і нерівномірним її розподілом. Збільшення карбонатності відображає поступовий фаціальний перехід руслових пісковиків у прибережно-морські. Згідно з тектонічною еволюцією, модель якої запропонували в праці [9], цей блок Донецько-Макіївського району після локального здіймання знову занурювався, що відображено в зміні геохімічного середовища. З цим пов'язана агресивність кварцу щодо плагіоклазів і гідролюд, які, відповідно, кородують польові шпати в пісковиках світи  $C_2^6$ . Загальний вміст карбонатів у цій світі дещо збільшився внаслідок руйнування і псевдоморфного заміщення плагіоклазів кальцитом.

Перехід порід зі стану стискування в стан розтягування провокує й інші мінералогічні перетворення. Не уникнути також впливу на них природного газу, що його генерують вугільні пласти і розсіяна органіка. Всі компоненти вугільного газу (метан, вуглекислий газ, сірководень, інші вуглеводні) є активними учасниками відновлювальних процесів у продуктивній товщі Донбасу. Під час розтягування відбувається розвантаження тиску і переміщення газів у верхні горизонти карбонівих відкладів. Саме від дії цих відновлювальних флюїдів на пісковики  $C_2^7$  виникає вторинний катагенетичний каолінит у цементі й на уламках (св. 341) та розчиняються карбонати. На думку автора [7], процес каолінізації глинистої речовини супроводжується зменшенням її об'єму та появою вторинної пористості. Аналіз розрізу дослідженого району засвідчує стабільне зменшення значень відкритої пористості з палеоглибиною, на тлі якого двічі фіксують (для ділянки Орджонікідзівська–Глибока) збільшення карбонатності пісковиків – на рівні вугільних пластів марок Ж і П. Відповідно, у міжпластових інтервалах рівня Ж–К та ПС–П можливі сприятливі для газонакопичення умови (див. табл. 2).

На колекторські властивості пісковиків Донецько-Макіївського району впливали також тектонічні рухи, які спонукали інтенсивніші мінералогічні та структурні перетворення, ніж у південно-західній частині басейну, де переважало моноклінальне залягання порід [1]. Зміна локальних тектонічних режимів, формування складчастості – це чинники, які регулюють як характер осадонакопичення, так і постседиментаційні процеси в них. Розглянемо їх на прикладі шахт центральної частини басейну.



У Центральному районі вуглевмісні відклади утворюють антиклінальну складку, відому під назвою Горлівської. Тектонічна порушеність крил і центральної частини цієї структури нерівноцінна. На підставі аналізу параметрів складчастих і розривних порушень, їхньої морфології автор праці [4] виділив чотири блоки. Досліджувані ділянки й шахти розташовані в другому (Горлівська–Глибока, Кочегарка), третьому (ім. К.О. Рум'янцева, ім. М.О. Ізотова) і четвертому (Красний Профінтерн) тектонічних блоках. У стратиграфічному розрізі це одновікові з Донецько-Макіївським районом вугленосні світи. Однак тут більше виявлена тектонічна мобільність окремих блоків зазначеної структури, що стимулює переважання певних видів постседиментаційних перетворень або гальмує їх. Серед цих перетворень можна назвати гідрохімічні реакції, у результаті дії яких (сукупно з тектонічними напруженнями) відкрита пористість зменшується вдвічі на стадії середнього катагенезу і втричі – на стадії пізнього (табл. 3).

Таблиця 3

## Петрографічні показники пісковиків карбону Центрального району

Шахта, ділянка	Марка вугілля	Розмір уламків, мм	Вміст карбонатів, %	Вміст цементу, %	Вміст органіки, %	Пористість, %	Світа
Кочегарка	Ж	0,24	8,4/2,5	4,5	1,2	7,32	$C_2^7$
Горлівська–Глибока	Ж	0,24	8,8	13,8	0,6	2,67	$C_2^6$
	К	0,25	7,8	15,4	–	2,21	$C_2^6$
	К–ПС	0,23	6,2	18,8	–	1,59	$C_2^5$
Ім. К.О. Рум'янцева	ПС	0,22	6,8	18,0	–	1,34	$C_2^5$
	К	0,21	12,8	8,9	0,6	3,38	$C_2^{5-6}$
Ім. М.О. Ізотова	ПС	0,23	5,9	14,8	–	2,14	$C_2^{5-6}$
	К	0,35	7,3	10,5	1,4	3,88	$C_2^{5-6}$
Красний Профінтерн	ПС	0,31	8,7	10,9	–	2,37	$C_2^{5-6}$

У закритій системі, якою є літифікована товща, перерозподіл її складових відбувається шляхом трансформації структури аутигенних мінералів, передусім це стосується глинистих мінералів цементу: каолініту, гідрослюд, змішаношаруватих утворень. За спостереженнями Г.В. Карпової (1972), Д.Д. Котельникова (1986), В.Ю. Забігайла (1990), на стадії середнього катагенезу поступово зменшується вміст змішаношаруватих утворень у цементі. Для пізнього катагенезу характерний дуже малий вміст або відсутність цих компонентів у цементі пісковиків середнього карбону як у Донецько-Макіївському, так і в Центральному районах. Натомість, за даними праці [2], збільшується вміст хлориту. На прикладі відкладів ділянки Горлівська–Глибока та шахти Кочегарка видно, що навіть у межах одного блока пористість (а також проникна здатність) пісковиків змінюється і становить 2,67 ( $C_2^6$ ) та 7,32 % ( $C_2^7$ ). На шахті Кочегарка, яка розділена Горлівським насупом та його апофізами на західну і східну частини [4], пісковики на різних горизонтах світи  $C_2^7$  мають різні значення пористості, хоча вміщують одну марку вугілля (Ж). Наочно це демонструє пісковик  $m_4^4Sm_5$ : відповідно – 4,75 % на глибині 1 080,0 м і 9,87 % на глибині 970,0 м. Сtribкоподібну зміну значень, на нашу думку, зумовлює пульсаційність розвитку розломно-блокових структур [10], що відображено на мікрорівні у збільшенні кількості пластичних мікродеформацій, їхній морфологічній різнома-

нітності, в уламковому матеріалі пісковиків. На південний захід від шахти Кочегарка, на ділянці Горлівська–Глибока відкрита пористість зменшується, однак процеси карбонатування та їхнього розчинення не припиняються, як і в Донецько-Макіївському районі (у пробі № 2 426 наявні карбонати кількох генерацій). Цікаво те, що остання генерація кристалічного кальциту має деформовані двійники і хвилясте загасання. Також простежуються голочки слюд у регенераційній облямівці кварцу.

Гідрохімічні процеси в Центральному районі з глибиною поступово загасають або виявляються спорадично, зате пріоритет мають пластичні мікрореформації (під дією тектонічних напружень), які на структурному рівні є важливою складовою вторинних перетворень продуктивної товщі всього регіону. Саме вони сприяють утворенню тріщин, створюють передумови для проникнення газу на стадії пізнього катагенезу. На північному крилі, в породах шахт ім. К.О. Румянцева та М.О. Ізотова порушення мікроструктури відображається в поєднанні кількох видів деформації в одному зерні. Збільшення пористості на шахті ім. М.О. Ізотова (для горизонтів з вугіллям марки К) пояснюють більшим розміром уламків у пісковиках. У пробі № 4 697 (шахта ім. М.О. Ізотова) виявлено люсатит, аналогічний до проб №№ 757, 764<sup>а</sup> у Донецько-Макіївському районі, хоч у марочному складі вугілля між ними є певна різниця – К (шахта ім. М.О. Ізотова) і ПС (ділянка Орджонікідзівська–Глибока). Зазначений факт підтверджує прискорення катагенетичних перетворень під дією тектонічних напружень, які в Центральному районі інтенсивніші, ніж у Донецько-Макіївському. Саме тому ступінь вуглефікації і марочний склад вугілля не можуть надійно характеризувати стадійний розвиток катагенетичних змін теригенних відкладів, оскільки в них не враховані тектонічні процеси.

Отже, у породах Донбасу наявні не менше чотирьох генерацій карбонатів – первинних, вторинних тощо. Виявлено циклічне розчинення та перевідкладення карбонатів і слюдяних мінералів. Катагенетичні процеси в Донбасі диференційовані в стратиграфічному розрізі й зумовлюють як мінералогічні, так і мікроструктурні зміни, які фіксують петрографічними методами. Мінімум двічі кварц кородує карбонати, або навпаки, унаслідок зміни Eh та pH середовища. Досліджені процеси впливають на розчинення і перевідкладення мінералів, передусім, карбонатів, спричинюють суттєве зменшення пористості й газопроникності порід в одних (середній катагенез і початок пізнього) та збільшення значень цих параметрів у інших горизонтах, які можуть бути потенційними колекторами.

1. Баранов В.А., Маметова Л.Ф. Катагенез мінералов цементу песчаників юго-западної частини Донбасу і зв'язь цього процесу з колекторськими властивостями // Наук. вісн. Нац. гірн. ун-ту. 2005. № 6. С. 93–96.
2. Бучинська І.В. Катагенетичні перетворення пісковиків різних генетичних типів кам'яновугільних відкладів Донецького та Львівсько-Волинського басейнів: Автореф. дис. ... канд. геол. наук. Львів, 2002.
3. Григорчук К.Г. Аутигенний мінералогенез у нижньокам'яновугільних відкладах центральної частини Дніпровсько-Донецької западини // Геологія і геохімія горючих копалин. 1992. № 2 (79). С. 39–46.
4. Забигайло В.Е., Васючков Ю.Ф., Репка В.В. Физико-химические методы управления состоянием угольно-породного массива. К., 1989.

5. Карпова Г.В. Глинистые минералы и их эволюция в терригенных отложениях. М., 1972.
6. Коссовская А.Г., Дриц В.А. Современные представления о генезисе слюдястых минералов осадочных пород // Эпигенез и его минеральные индикаторы. 1971. Вып. 221. С. 71–95.
7. Лукин А.Е. Формации и вторичные изменения каменноугольных отложений Днепровско-Донецкой впадины в связи с нефтегазонасностью. М., 1977.
8. Постседиментационные преобразования пород-коллекторов. М., 1972.
9. Привалов В.А. Метан в угленосной толще карбона Донбасса. Геологические аспекты генерации, миграции и условия сохранности // Геологія і геохімія горючих копалин. 2002. № 2. С. 65–82.
10. Привалов В.А. Напряженное состояние разломно-блоковых структур как регулятор локальных палеогеографических обстановок в среднем карбоне Донбасса // Вестн. ДонНТУ. Сер. горно-геол. 2004. Вып. 81. С. 125–139.
11. Рентгенография основных типов породообразующих минералов / Под ред. В.А. Франк-Каменецкого. Л., 1983.
12. Рухин Л.Б. О некоторых закономерностях эпигенеза // Вопр. минералогии осадочных образований. 1956. Кн. 3 и 4. С. 425–451.

#### KATAGENESIS OF THE SOUTH-WESTERN DONBAS SANDSTONES AND ITS CONNECTION WITH THEIR COLLECTOR PROPERTIES

**V. Baranov, L. Mametova**

*Institute of Geotechnical Mechanics named after Mykola Polyakov of NASU*

*Simferopolska St. 2a, UA – 49005Dnipropetrovsk, Ukraine*

*E-mail: nanu@igtm.dp.ua*

The results of investigations of mineral transformations in Carboniferous sandstones of the South-Western Donbas are given. The structural changes of carbonates and their influence on collector properties are shown.

*Key words:* sandstones, carbonates, minerals of cement, collector properties, katagenesis, Carboniferous period, Donbas.

Стаття надійшла до редколегії 19.10.2005

Прийнята до друку 24.10.2005