

Таблица 1 - Статистические параметры изменения структуры песчаников с палеоглубиной

Район отбора проб	Ближайший к песчанику уголь, марки	Средний диаметр зерен кварца, <b>d</b> , мм	Коэффициент вариации, <b>V</b> , %	Среднее квадратич. отклонение
Красноармейский	Г	0,21	49,7	0,11
То же	ОС	0,13	44,9	0,06
Донецко-Макеевский	Ж	0,21	54,6	0,12
	Т	0,16	46,9	0,08
Центральный	Ж	0,28	52,7	0,14
	ОС	0,15	44,0	0,07

Приведенные результаты получены по данным угленосного Донбасса, тем не менее, принимая во внимание многочисленные литературные данные, следует ожидать подобной закономерности и в других осадочных бассейнах, естественно с учетом особенностей, существовавших там. Размер обломочных зерен песчаников существенно влияет на их коллекторские свойства, поэтому приведенную закономерность необходимо учитывать в практических работах.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лукин А.Е. Сланцевый газ и перспективы его добычи в Украине. Статья 1. Современное состояние проблемы сланцевого газа (в свете опыта освоения его ресурсов в США) // Геол. журнал, 2010. - №3. – С. 17-33.
2. Лукин А.Е. Сланцевый газ и перспективы его добычи в Украине. Статья 2. Черносланцевые комплексы Украины и перспективы их газоносности в Волыно-Подоллии и Северо-Западном Причерноморье // Геол. журнал, 2010. - № 4. – С.7-24.
3. Лукин А.Е. Перспективы сланцевой газоносности Днепровско-Донецкого авлакогена // Геол. журнал, 2011. - №1. – С.21-41.
4. Баранов В.А. Биолитовый (сланцевый) газ осадочных отложений // Матеріали міжнар. конферен. „Форум гірників – 2011”. – Дніпропетровськ, НГУ- С.164-168.
5. Баранов В.А. Проблема поиска биолитового (сланцевого) газа осадочных отложений // Геолог України, 2011. - №2(34). – С.95-98.
6. Вернадский В.И. Живое вещество. – М.: 1978. – 358 с.
7. Вернадский В.И. Химическое строение биосферы Земли и ее окружение. - М.: Наука, 1965. – 374 с.
8. Геологический словарь. – М.: Недра, 1978. – Т.1. - (487 с.) - Т.2. – (456 с.)
9. Вассоевич Н.Б. О терминологии, применяемой для обозначения стадий и этапов литогенеза // Геология и геохимия. – Л.: Гостоптехиздат, 1957. – С.156-170.
10. Крашенинников Г.Ф. Понятие «фация» и методические вопросы фациального анализа // Литология полезные ископаемые, 1983. - №5. – С.24-38.
11. Рухин Л.Б. Основы литологии. – Л.: Недра, 1969. – 703 с.

УДК 552.513:622.411.332:533.17(477.61/.62)

Канд. геол. наук Л.Ф. Маметова  
(ІГТМ НАН України)

#### КАТАГЕНЕЗ ГАЗОНОСНИХ ПІСКОВИКІВ АЛМАЗНО – МАР’ІВСЬКОГО РАЙОНУ ДОНБАСУ

На примере песчаников одного стратиграфического уровня ( $I_5Sl_6 C_2^6$ ) показаны минералогические новообразования средней стадии катагенеза, вызванные активизацией тектонических движений. Взаимодействие этих процессов (катагенез+тектоника) стимулирует реакции обмена в угленосной толще, в результате которых возникают новые минералы и газы (среди них и метан).

## KATAGENESIS OF GAS-BEARING SANDSTONES OF DIAMOND DISTRICT OF DONBASIS

On the example of sandstones of one stratigraphic level mineralogical new formations of middle stage of katagenesis, conditioned by activation of tectonic motions, are shown. The seinterprocess communication stimulates the reactions of exchange in an coal-bearing layer, which new minerals and gases are as a result of (among them and methane).

Постдіагенетичні перетворення – катагенез – теригенних відкладів давно цікавили науковців як один із низки чинників виникнення раптових породних викидів [1 та ін.]. Крім того, пісковики (разом з вугіллям) розглядаються як основні носії газу, розподіл якого в цих породах залежить від характеру геохімічних (мінералогічних) та структурних змін їх складових. Саме тому важливо простежити перетворення на одному стратиграфічному рівні. Для цього обрано в межах Алмазного району пісковики ( $I_5SI_6$ ) світи  $C_2^6$  шахти імені В.Р. Менжинського та Світланівської ділянки. За характером перетворень, відповідно до класифікації літологів [2], вони належать до середньої стадії катагенезу.

Актуальність дослідження катагенезу пісковиків карбону цього геолого-промислового району Донбасу зумовлена його перспективністю на скупчення метану. Традиційно газоносність відкладів пов'язують з вугіллям як основним джерелом метану [3, 4, 5 та ін.], але наукові досягнення останніх років свідчать про утворення скупчень газу, його концентрацію, не тільки серед теригенних порід. На потенційну газоносність пісковиків впливають тиск, температура, тектонічні процеси.

Неодноразова тектонічна активізація проявлялася деформаціями на різних ієрархічних рівнях, створюючи передумови як для накопичення, так і фільтрації газу в пісковиках, стимулюючи геохімічні реакції. Завдяки петрографічним методам досліджувались перетворення мінералів, їх деформаційні структури, фіксувалась зміна пріоритетів в поширенні певних асоціацій і типів мікротреформацій [6].

Обраний район розташований на східному крилі Бахмутської улоговини, а об'єкти дослідження в межах Голубівсько-Мар'ївської синкліналі і Первомайської антикліналі. Світланівська ділянка знаходиться на північному крилі та в донній частині Мар'ївської синкліналі, яка Михайлівським насувом відділяється від аналогічної Голубівської структури. На півночі ділянка межує з полем шахти „Золота”, на півдні та південному сході – з полем шахти ім. В.Р. Менжинського. Поле шахти імені В.Р. Менжинського розташоване в межах замкової частини Первомайської антикліналі, яка простежується в широтному напрямку, її вісь занурюється на захід під кутом 8-10°. Основними широтними порушеннями є Алмазний та Соколовогорівський-1 насуви, близькими до меридіональних за спрямуванням є Комунарівський і Соколовогорівський-2. Робочі пласти:  $I_2-I_6$  і  $I_8^H$ , всі вони марки „Ж”. За вмістом метану шахта надкатегорійна.

Вивчення пісковиків світи  $C_2^6$  на Світланівській ділянці та на полі шахти імені В.Р. Менжинського показали, що навіть на однаковому стратиграфічному рівні різний ступінь тектонічної порушеності зумовлює відмінні колекторські характеристики одного й того ж літологічного типу пісковиків – табл. 1.

Таблиця 1 – мінералогічна характеристика катагенетичних перетворень в пісковиках  $C_2^6$  Алмазно-Мар'ївського району

	Кількість проб	Індекс пісковика	Розмір мм	Цемент %	Карбон. перв/втор.	Порист. %	Процеси
Світланівська ділянка							
середнє	10	$I_5S_6$	0,28	13,9	6,5	6,23	Каолінізація
Шахта ім. В.Р. Менжинського							
середнє	9	$I_5S_6$	0,22	11,67	7,17	4,95	Піритизація
середнє	11	$L_7S_8^H$	0,20	11,7	10,1	6,49	–

Пісковики середньої частини світи  $C_2^6$  на ділянці Світланівській виділяються присутністю каолініту, який типовий для кислого середовища. Каолінізація супроводжує тектонічну перебудову цієї ділянки району – зсувні рухи під час складчастості зафіксовані мікрореформаціями мінералів [6].

На утворення каолініту впливають продукти розкладу піриту, який нерідко спостерігався в покрівлі вугільних пластів, у деформаційних смугах уламків. У випадку значного вмісту піриту каолініт переходить у високодисперсну форму. Асоціація каолініту і піриту стійка в кислому середовищі.

В аналогічних відкладах шахти ім. В.Р. Менжинського спостерігаємо появу піриту катагенетичного походження (2-а генерація), який свідчить про активізацію відновлювальних геохімічних процесів у консолідованому масиві. Пірит присутній у вигляді перервистих ланцюжків дрібних зерняток, а також в дисперсному стані серед вуглефікованої органіки, серед аутигенних слюд, в зростанні з кальцитом. Пірит також проникає в деформаційні смуги зерен кварцу – рис. 1, 2 – і польових шпатів, тобто – це пірит не акцесорний і належить до другої, катагенетичної, генерації.

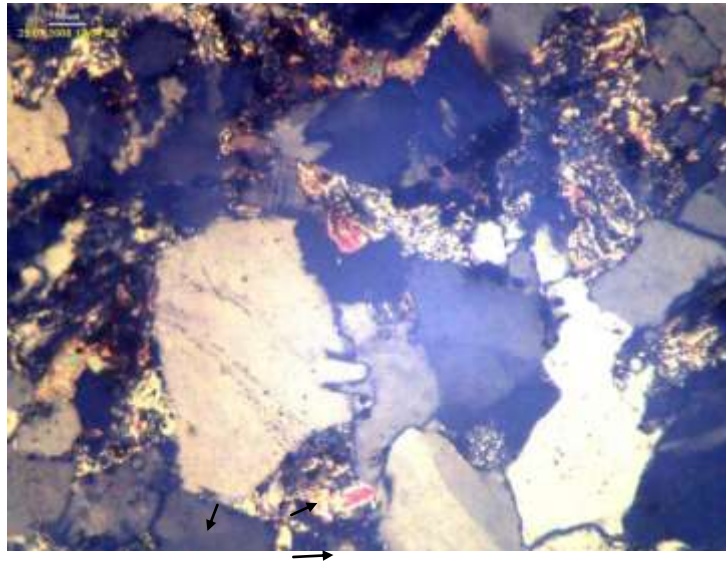


Рис. 1 – Катагенетичний пірит у деформаційних смугах і мікростилітових контактах кварцу пісковиків шахти ім. В.Р. Менжинського

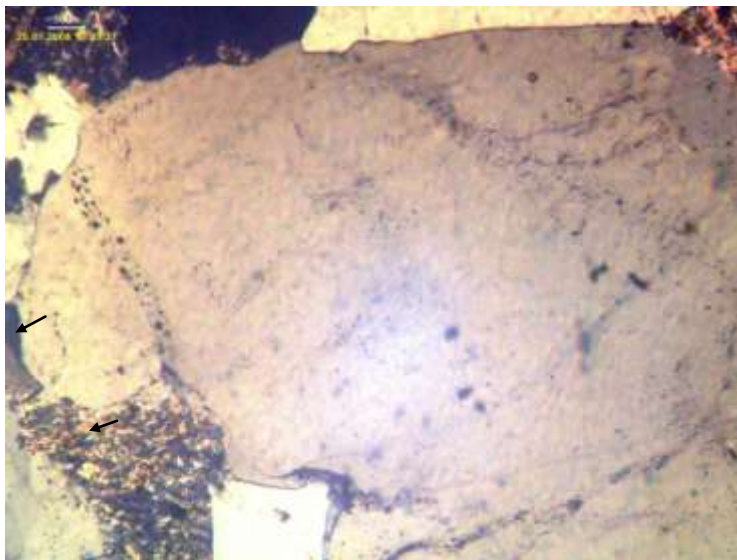


Рис.2 – Катагенетичний пірит у деформаційних смугах кварцу пісковика (діп. Світланівська)

Згідно з роботою Г.І. Теодоровича [7] катагенетичний мінералогенез рівня МК<sub>3</sub> (середня стадія) в межах шахти ім. В.Р. Менжинського класифікується як сульфідно-сидеритовий з тенденцією до нейтрального з закисно-окисними хлорито-вермикулітами. Вторинна піритизація свідчить про зростання тиску [8], адже в структурному плані пісковики лежать у „замку” складки.

На думку [9] пізньоєпігенетичний пірит є одним із непрямих факторів, контролюючих поширення нафтопродуктів. Максимальну піритизацію порід слід очікувати на межі водно-нафтового контакту. Експлуатаційними роботами саме при відпрацюванні пласта І<sub>6</sub> зафіксовані випадки появи рідких вуглеводнів, а виділення газу із пісковиків поблизу цього пласта часто

супроводжувалось виливом води. Крім того, значна кількість піриту фіксується в пробах із зон тектонічних порушень.

На об'єктах дослідження активну участь у катагенетичному мінералогенезі беруть також карбонати – рис.3. Спостерігається утворення мікрозернистих карбонатів (сидеритів) по гідрослюдах цементу. Цемент зберігається в периферійній частині карбонатних новоутворень, іноді гідрослюди „просвічуються” всередині цих скупчень. Карбонати агресивні, зокрема кальцит заміщує плагіоклази, а також деформовані зони зерен кварцу.

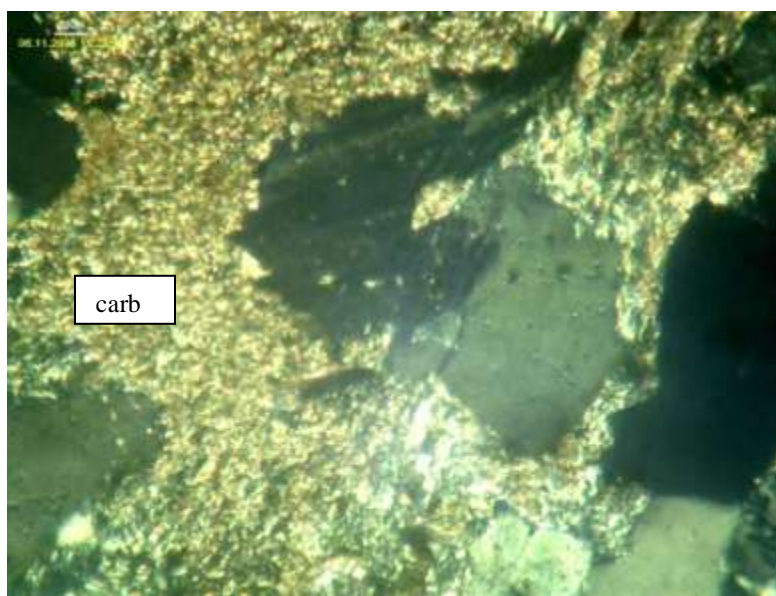
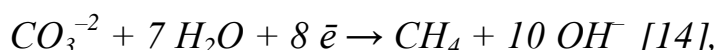


Рис. 3 – корозія цементу та уламків катагенетичними карбонатами (carb) (шахта ім. В.Р. Менжинського)

Розподіл карбонатів у розрізі товщі пісковиків нерівномірний. Поява катагенетичних карбонатів зумовлена зростанням водневого потенціалу розчинів – від значень рН 5 (для каолініту) до 6,5 (для сидериту – мінералу нейтрального і слабого лужного середовища) і вище. Стійкість асоціації і розчинність регулюється іонами  $\text{HCO}_3^-$  і  $\text{CO}_3^{2-}$ . Надлишок першого викликає розчинення кальцію в кислих умовах, а збільшення концентрації другого – навпаки – карбонатизацію за рахунок розчинення розсіяних седиментаційних карбонатів, яка погіршує колекторські властивості – див. табл. 1. Неодноразова тектонічна активізація – мікродформаціями фіксуються чотири етапи [6] – провокує процеси і дегідратації, і декарбонатизації, під час яких іони  $(\text{OH})^-$  і  $(\text{CO}_3)^-$  з кристалічних ґраток мінералів переходять у метастабільні молекули газової фази. Тектонічні рухи різного характеру виявлені на макрорівні і синхронними мікродформаціями структури кварцу в обох шахтах, але комбінаційно складніші порушення структури мінералів властиві пісковикам шахти імені В.Р. Менжинського (площини деформації, ірраціональні двійники та інші типи) [6]. В процесі становлення структури басейну інтенсивність деформацій сприяла руху порових розчинів і флюїдів. Визначено [10, 13] – у закритих порах пісковиків, у мікродформаціях структури мінералів (наприклад

кварцу: в б'юмівських смужках, дугах, блокуванні та ін.) в розрізі карбону Донбасу знаходяться метан і вуглекислий газ з домішками азоту, водню та інших елементів. Ізотопний аналіз вуглецю дозволяє визначити джерело його надходження (порові розчини, первинні карбонати та ін.), послідовність утворення мінералів – серед них і карбонатів [11].

У південно-західних, центральних і східних районах Донбасу науковими дослідженнями ізотопного складу вуглецю вугілля, карбонатів, газів (метану та ін.) встановлена його неоднорідність [11. 12], тобто варіації співвідношення ізотопів засвідчують присутність вуглеводнів різного генезису. На думку [5, 13] метан вугільних родовищ і теригенних відкладів має біогенно-абіогенне походження. Не слід виключати можливість утворення вуглеводнів шляхом їх синтезу з гранично окислених сполук вуглецю і води за схемою:



де:  $CO_3^{-2}$  – донори вуглецю (карбонати, вуглекислий газ, карбонат-іони), розчинені у пластових водах;  $H_2O$  – донор водню;  $\bar{e}$  – вільні електрони, що генеруються в процесі поляризації, джерелом якої є такі відновлювані сполуки вуглецю, заліза і сірки, а також діоксид кремнію. У вигляді мінералів вони представлені сидеритом ( $FeCO_3$ ), піритом ( $FeS_2$ ) і кварцом ( $SiO_2$ ), що і спостерігається серед пісковиків у процесі катагенезу. Теоретично обґрунтована та експериментально доведена [14] можливість синтезу рідких і газоподібних вуглеводнів в умовах активного тектоно-сейсмічного режиму із неорганічних компонентів гірських порід.

Отже, характер постседиментаційних змін пісковиків одного стратиграфічного рівня ( $I_5Sl_6 C_2^6$ ), але з різним геодинамічним режимом прямо залежить від інтенсивності тектонічної активності, завдяки якій на середній стадії катагенезу відбувається диференціація (підсилення чи затухання) обмінних реакцій і газоутворення.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Забигайло В.Е. Влияние катагенеза горных пород и метаморфизма углей на их выбросоопасность / В.Е. Забигайло, В.И. Николин // – Киев: Наук. думка, 1990. – 168 с.
2. Справочник по литологии / [под ред. Н.Б. Вассоевича и др.]. – М.: Недра, 1983. – 509 с.
3. Анциферов А.В. Газоносность угольных месторождений Донбасса / А.В. Анциферов, М.Г. Тиркель, М.Т. Хохлов, В.А. Привалов и др. // – Киев: Наук. думка, 2004. – 232 с.
4. Лукинов В.В. Тектоника метаноугольных месторождений Донбасса / В.В. Лукинов, Л.И. Пимоненко. – К.: Наукова думка, 2008. – 352 с.
5. . Лепігов Г.Д. Концентрація вуглеводнів в Донбасі в світлі абіогенної теорії їх генезису / Г.Д. Лепігов, С.І. Орлів, В.М. Гулій // Геолог України, 2008. № 3 – С. 73-79.
6. Маметова Л.Ф. Структурно-мінералогічні перетворення газоносних пісковиків Донбасу: дис...кандидата геол. наук: / Маметова Л.Ф. – Дніпропетровськ, 2011
7. Теодорович Г.И. Осадочные минералого-геохимические фации / Г.И. Теодорович // Вопросы минералогии осадочных образований. Книги 3-я и 4-я, – Львов: - ЛГУ им. И.Франко, 1956. – С. 39–56.
8. Минский Н.А. О связи вторичной минерализации осадочных пород с тектонической активностью / Н.А. Минский // Известия Академии наук СССР, сер. геологическая, 1967. – № 9 – С. 70–80
9. Лукин А.Е. Формации и вторичные изменения каменноугольных отложений Днепровско–Донецкой впадины в связи с нефтегазоносностью / Александр Ефимович Лукин. – М.: Недра, 1977. – 102 с.
10. Баранов В.А. Микронарушенность кварца песчаников Донбасса в связи с их выбросоопасностью: автореф. на соискание науч. степени канд. геол.-мин. наук спец. 04.00.16 «Геология, поиск и разведка месторождений твердых горючих ископаемых». – Днепропетровск. 1989. – 17 с.

11. Войтов Г.И. Об изотопном составе углерода угля, углекислоты и метана в Донбассе / Г.И. Войтов // Геологический журнал, 1988. № 1 – С.30-43.
12. Тараник А.А. Особенности компонентного и изотопного состава углеводородных газов Донбасса / А.А. Тараник, В.А. Канин // // Геотехническая механика. Межвед. сб. науч. трудов – 2008. № 80. – С. 149-152.
13. Сворень Й.М. Нова теорія синтезу і генезису природних вуглеводнів: абіогенно-біогенний дуалізм / Й.М. Сворень, І.М. Наумко // Доп. НАН України. – 2006. № 2. С. 111-116.
14. Черский Н.В. Явление генерации углеводородов из предельно окисленных соединений углерода и воды / Н.В. Черский, В.П. Мельников, В.П. Царев // ДАН СССР 1986. Том 288, № 1. – С. 201-204.

**УДК 662-156:004.82:622.654.1**

к.т.н., с.н.с., В.Л. Приходченко  
к.т.н., с.н.с. Е.А. Слащева,  
н.с., В.Я. Осенний,  
асп. Э.С. Клюев  
(ИГТМ НАН Украины)

## **ОБРАЗОВАНИЕ МЕТАНА ПРИ ТЕРМОПЕРЕРАБОТКЕ УГОЛЬНЫХ ШЛАМОВ**

Викладено результати аналітичних і лабораторних досліджень термодеструкції вугільних шламів з метою одержання енергетичних газів, зокрема метану.

## **THE METHANE GENERATION IN PROCESSES OF THERMAL REFINING OF COAL SLIMES**

The results of the analytical and experimental investigations of thermal destruction of coal slimes in order to obtain valuable energetic gases, i.e. methane were presented.

Постоянно растущая потребность Украины в природном газе ограничена собственными запасами и сверхвысокой ценой российского импорта, поэтому наблюдается тенденция к получению газообразных и жидких углеводородов из углей, запасов которых у нас хватит на ближайшие 300 лет.

Работы ИГТМ НАН Украины в рамках бюджетных тем 1999-2012 гг. были направлены на обоснование возможностей переработки угля низкого качества, а затем и угольных шламов в ценное энергетическое сырье и создание энергокомплексов по безотходной переработке углепородных отходов для решения социально-экономических и экологических проблем предприятий угольной отрасли.

Так как заменителем природного газа является метан, то опыт углехимии по его получению сводится к следующим процессам [1]:

1) процессы каталитического метанирования, когда оксид углерода гидрируют в метан на никелевых или кобальтовых катализаторах при температуре 200-280°C и атмосферном давлении;

2) процессы гидрогазификации, при которых каменный или бурый уголь совместно с водяным паром и (или) водородом превращают в метан при высоких давлениях и температурах на отдельной установке или отдельном блоке, входящим в общую технологическую схему газификации.