УДК 548.4:550.4:552.574

© 2009

Й. М. Сворень, І. М. Наумко

Термобарометрія і геохімія газів прожилково-вкрапленої мінералізації у відкладах нафтогазоносних областей і металогенічних провінцій: фізико-хімічна модель формування вугільних пластів

(Представлено академіком НАН України Є. Ф. Шнюковим)

Розроблено фізико-хімічну модель формування вугільних пластів, відповідно до якої вугільні пласти сформувалися з органічних решток в осадових шарах під дією метановмісного глибинного високотемпературного флюїду. Внаслідок субвертикально-міграційного втілення суміш метану разом з $Ca(OH)_2$, CO_2 *і* H_2O *(температурою понад 580 °C) піддала ці осадові товщі з потужним шаром органічних решток однонапрямленому потужному агресивному фізико-хімічному впливу і нагріла ці породи до температур, значно вищих за температури гомогенізації включень флюїду в новоутворених мінералах. Заліковування і цементація порових порожнин порід і дефектів у мінералах з утворенням прожилково-вкрапленої мінералізації та їхнім метанонасиченням спричинили консервацію метану як новоутвореними породами, так і вугіллям. Оскільки метан надходив у складі глибинного високотемпературного флюїду порожниною глибинного розлому, його концентрація в напрямі до розлому повинна зростати і мати зв'язок з можливим метановим покладом-родовищем.*

Нові підходи до прожилково-вкрапленої мінералізації у відкладах нафтогазоносних областей і металогенічних провінцій як природного феномена літосфери Землі, що супроводжує міграцію та акумуляцію вуглеводневмісних флюїдів і синтез природних вуглеводнів, зумовлюють їхнє поширення й на осадові відклади, що містять поклади вугілля [1].

Вважають, що вугільні пласти марок піснувато-спікливе, пісне, напівантрацитове, наприклад у Донецькому басейні [2], сформувалися в земній корі на значних глибинах (далеко глибше від 1000,0 м — теперішньої глибини їхнього залягання-видобування) при досить високій температурі (~ 240 °C). Ці факти засвідчили наявність на таких глибинах, у конкретні геологічні часи, аномальних термодинамічних та інших умов і процесів, які й дотепер остаточно нез'ясовані.

Відповідно до визначення геотермічного градієнта: $\Gamma_{\text{гр}} = (t - t_{\text{сер.р}})/(h - h_{\text{п.}t})$, де $t_{\text{сер.р}}$ — середньорічна температура, °C; $h_{\text{п.}t}$ — глибина шару постійних температур, м; t — температура, °C, що виміряна на глибині h, м. (Практично геотермічний градієнт, °C/м.) Для верхніх шарів земної кори приймають значення геотермічного градієнта 1,8–3,0 °C/100 м. На сьогодні прийнято, що на глибині 10,0 км породи нагріті в межах 180 °C. Назвемо цей геотермічний градієнт ($\Gamma_{\text{гр}}$) статичним, теоретично беручи до уваги, що теплова енергія прямолінійно передається від найбільш нагрітого ядра планети до земної поверхні. Відразу зауважимо, що в різних областях надр постійно перебігають найскладніші термодинамічні фізико-хімічні процеси, в яких ця закономірність втрачає свій зміст. Ще у практиці використовують обернену до геотермічного градієнта закономірність — геотермічний ступінь ($\Gamma_{\text{ст}} = 1/\Gamma_{\text{гр}}$): $\Gamma_{\text{ст}} = (h - h_{\text{п.}t})/(t - t_{\text{сер.р}})$. Геотермічний ступінь фізично визначає глибину

проникнення тепла у надрах з їхнім прогрівом на 1 °C. Геотермічний ступінь (статичний) на глибині 10,0 км становить 55,6 м/°C.

З наведеного вище випливає, що вугільні пласти згадуваних марок Донецького басейну в статичних термодинамічних умовах, характерних для доінверсійного періоду розвитку басейну, повинні були б утворитися на глибинах близько 13,33 км [3]. Зрозуміло, що органічні рештки, з яких сформувалися ці пласти, ніколи не були на таких глибинах. Максимальні глибини в кращому випадку досягли б 5,0–7,0 км [2]. Оскільки цього не було, доказує потужність еродованих відкладів на території Донбасу, яка загалом коливається від 2,0 до 2,7 км (Донецько-Макіївський розлом), лише зрідка досягаючи значень у межах 4,1–5,3 км (Головна антикліналь) [4].

З огляду на це твердження, постає запитання: "за яких термодинамічних та фізико-хімічних процесів на глибинах формування вугільних пластів піснувато-спікливої, пісної, напівантрацитової марок у земній корі виникло джерело теплової енергії з температурою близько 240 °C?"

Розробленими фізико-хімічною моделлю синтезу вуглеводнів і способом геохімічного пошуку покладів нафти і газу [5, 6] показано, що з боку мантії під дією потужного імпульсу тектоногенної енергії у літосфері Землі виникає глибинний розлом, у порожнину якого в напрямі до земної кори втілюється глибинний високотемпературний флюїд полікомпонентного складу з мінеральною і вуглеводневмісною складовими [7], утворюючи у контактних породах множину макро- і мікротріщин, закономірно орієнтованих за радіусами від центра цієї області.

Наявність великих тисків, високих температур, активних каталізаторів, високовольтного електричного поля, окисно-відновного реакційного об'єму, передплазмового стану речовини та інших складних фізико-хімічних чинників [8] спричинила різку зміну складу глибинного флюїду, внаслідок чого всі леткі сполуки флюїду в адіабатичному процесі стиснення-розширення [9] розклалися на окремі атоми, радикали, іони, зокрема, вуглеводневмісні — на атомарні водень, вуглець і C_nH_m-радикали, що з спадом температури і стабілізацією фізико-хімічної обстановки синтезували складні вуглеводні. Паралельно з синтезом вуглеводнів за цих умов кристалізується також множина мінералів: кальцит, кварц, барит, флюорит, "мармарошські діаманти", кварцкарбонатна порода тощо. Оскільки ці та інші мінерали і породи формуються у середовищі глибинного високотемпературного флюїду, його захоплення дефектами у новоутворених прожилкових мінералах, які заліковують макро- і мікротріщини у контактних породах, насамперед флюїдними включеннями і закритими порами, є доконаним фактом.

Виникле високовольтне електричне поле створило окисну та відновну області, в яких іонізовані частинки сортуються за своїми зарядами і закономірно розподіляються в згаданих областях середовища. Зокрема, у відновній області частинки-іони C^+, H^+, CO^+, $C_nH^+{}_m$-радикали після зникнення електричного поля переходять у нейтральний стан і хімічно взаємодіють між собою, синтезуючи складну вуглеводневу суміш типу нафти, газу, бітумів тощо. В окиснювальній області утворилися мінерали-оксиди.

Метан синтезувався за таким механізмом: $C+H \to CH+H \to CH_2+H \to CH_3+H \to CH_4$. Через найменший діаметр молекули порівняно з іншими вуглеводнями та слабко виражені сорбційні властивості цей метан втілюється найбільш інтенсивно у дефектні породи і пронизує їх на значні відстані. Фактично метан мігрує разом з мінеральною складовою і парою води, перебуваючи, зокрема, у такій формі знаходження, як $Ca(OH)_2 \cdot CH_4$. Враховуючи, що маса навколишніх порід на багато порядків перевищує потужність прожилків, останні

у природі утворюються достатньо швидко, що в більшості випадків приводить до формування карбонатної, кварцкарбонатної породи та значно рідше до синтезу досконалих кристалів мінералів.

Важливо наголосити, що синтезований за таким механізмом при високих температурах і великих тисках метан разом з мінеральною складовою флюїду був джерелом потужної теплової енергії та переносником (разом з іншими леткими речовинами) значних вихідних мас мінеральної сировини, з якої утворилася кварцкарбонатна порода, досконалі кристали мінералів тощо.

Карбонатні прожилки, генетична інформативність яких достатньо важлива, у літосфері Землі утворювалися найчастіше. Виконаними дослідженнями встановлено, що ці прожилки утворилися із суміші речовин: CH_4, $Ca(OH)_2$, CO_2, H_2O з температурою ~ 580 °C, які розломами та іншими порушеннями у земній корі втілилися в утворені макро- і мікротріщини і їх замінералізували.

Шляхи міграції метану та його припливу в породи з органічними рештками визначають за новою технологією визначення перспективи нафтогазоносності локальної площі [10].

Отримані та інші результати заклали основу для створення "фізико-хімічної моделі формування вугільних пластів в осадових породах земної кори", передумови якої викладено нижче.

У період дії потужного імпульсу тектоногенної енергії у літосфері Землі утворилися глибинні розломи, множина макро- і мікротріщин, синтезувалися вуглеводні, які разом з мінеральною складовою глибинного високотемпературного флюїду втілилися у крихкі з низькими механічними характеристиками осадові породи і піддали їх агресивному високотемпературному фізико-хімічному впливу. Оскільки такий флюїд мав температуру, вищу за температуру утворення "вапняного молока", а це понад 580 °C, то під його впливом відбувалися процеси розчинення та розпаду з дегідратацією мінералів, їхня фізико-хімічна взаємодія. Метан у формі знаходження $Ca(OH)_2 \cdot CH_4$ з парою води переносив, для прикладу, "вапняне молоко" на значні відстані і заповнював ним різнорозмірні порожнини пустотного простору: пори, каверни, тріщини, що зі спадом температури заліковували та зацементовували карбонатами та іншими породами, які своїми дефектами захопили і саме породоутворювальне середовище разом з метаном.

Аналогічно формуються породи-покришки пасток, у пластах-колекторах яких нафта і газ у формі покладів (родовищ) зберігаються дотепер.

Щодо вугільного пласта, то згадувана вище суміш: CH_4, $Ca(OH)_2$, CO_2, H_2O з температурою понад 580 °C, втілившись в осадові породи з потужним шаром органічних решток, піддала їх потужному фізико-хімічному впливу з одного боку-напряму. Оскільки нагрів тривав певний час, то й органічні рештки також були нагріті до температур, значно вищих за температури гомогенізації включень флюїду у новоутворених мінералах. На початковій стадії нагріву решток виділені з них леткі сполуки покидали область пласта до моменту ущільнення самого вугілля та контактних з ним осадових порід, які за подібним до описаного вище процесом були заліковані та зацементовані у процесі спаду температури і стабілізації фізико-хімічної обстановки.

Відповідно й сам метан був капсульований [3] як новоутвореними мінералами і породами, так і утвореним вугіллям в їхні дефекти — флюїдні включення і закриті пори, наприклад [11–14]. Оскільки метан у складі глибинного висотемпературного флюїду [7] надходив порожниною глибинного розлому [15], то його концентрація у напрямі до розлому повинна зростати і кінцево мати зв'язок з можливим метановим покладом-родовищем, сформова-

ним на засадах "нової теорії синтезу і генезису природних вуглеводнів: абіогенно-біогенний дуалізм" [8].

Таким чином, нами розроблено фізико-хімічну модель формування вугільних пластів, відповідно до якої вугільні пласти сформувалися з органічних решток під впливом і за участі метано- і мінераловмісних складових глибинного високотемпературного флюїду з одночасним заліковуванням і цементацією порових порожнин порід та дефектів у мінералах вуглепородних масивів, утворенням прожилково-вкрапленої мінералізації та їхнім метанонасиченням. Цим і зумовлений збіг у регіональному масштабі зон розвитку вугілля марок піснувато-спікливе, пісне, напівантрацитове з розривними порушеннями регіональних насувів, якими мігрували глибинні вуглеводневмісні (метановмісні) флюїди, наприклад, у Донецькому басейні — з Донецько-Кадіївським субмеридіональним і Глубокинським субширотним регіональними насувами.

1. *Наумко І. М.* Флюїдний режим мінералогенезу породно-рудних комплексів України (за включеннями у мінералах типових парагенезисів) : Автореф. дис. ... д-ра геол. наук; 04.00.02 / НАН України. Ін-т геології і геохімії горюч. копалин. – Львів, 2006. – 52 с.
2. *Метаморфизм* углей и эпигенез вмещающих пород / Под ред. Г. А. Иванова. – Москва: Недра, 1975. – 256 с.
3. *Svoren' Yo., Naumko I.* Thermobarometry and geochemistry of gases of veinlet-impregnated mineralization in deposits of the oil- and gas-bearing areas and metallogenic provinces: physicochemical model of coal-layer formation: 7th Europ. coal conf. : Abstr., Lviv, Aug. 26–29, 2008. – Lviv, 2008. – P. 117–120.
4. *Анциферов А. В., Тиркель М. Г., Хохлов М. Т., Привалов В. А., Голубев А. А., Майборода А. А., Анциферов В. А.* Газоносность угольных месторождений Донбасса / Под ред. Н. Я. Азарова. – Киев: Наук. думка, 2004. – 232 с.
5. *Сворень Й. М.* Питання теорії генезису природних вуглеводнів та шляхи пошуку їх покладів // Тектогенез і нафтогазоносність надр України : Тези доп. наук. наради (Львів, 20–22 жовт. 1992 р.). – Львів, 1992. – С. 143–145.
6. *Братусь М. Д., Давиденко М. М., Зінчук І. М., Калюжний В. А., Матвієнко О. Д., Наумко І. М., Пірожик Н. Е., Редько Л. Р., Сворень Й. М.* Флюїдний режим мінералоутворення в літосфері (в зв'язку з прогнозуванням корисних копалин). – Київ: Наук. думка, 1994. – 192 с.
7. *Наумко И. М., Сворень И. М.* О важности глубинного высокотемпературного флюида в создании условий для формирования месторождений природных углеводородов в земной коре // Новые идеи в науках о Земле : Материалы VI Междунар. конф., 8–12 апр. 2003 г., Москва. – Москва: Б. и., 2003. – Т. 1. – С. 249.
8. *Сворень Й. М., Наумко І. М.* Нова теорія синтезу і генезису природних вуглеводнів: абіогенно-біогенний дуалізм // Доп. НАН України. – 2006. – № 2. – С. 111–116.
9. *Сворень И. М., Наумко И. М.* Роль адиабатических явлений в процессах накопления-концентрации и превращения углеводородсодержащих веществ в литосфере Земли // Новые идеи в науках о Земле : Материалы VI Междунар. конф., 8–12 апр. 2003 г., Москва. – Москва: Б. и., 2003. – Т. 1. – С. 257.
10. *Сворень Й. М., Наумко І. М., Давиденко М. М.* Нова технологія визначення перспективи нафтогазоносності локальної площі // Нафта і газ України. – Полтава: УНГА, 1998. – Т. І. – С. 111–112.
11. *Зінчук І. М., Наумко І. М., Калюжний В. А., Сахно Б. Е.* Леткі компоненти флюїдних включень у мінералах жильно-прожилкових утворень перспективно нафтогазоносних товщ Львівського палеозойського прогину // Геологія і геохімія горюч. копалин. – 2003. – № 2. – С. 18–27.
12. *Булат А. Ф., Наумко І. М., Зінчук І. М. та ін.* Склад летких компонентів флюїдних включень і закритих пор у породах дільниць впровадження технології "газового горизонту" вугільних шахт Донбасу // Там само. – 2005. – № 2. – С. 93–104.
13. *Павлюк М., Наумко І., Рибчич І. та ін.* Геолого-технологічні передумови виділення першочергових об'єктів з видобутку метану в межах північної зони дрібної складчастості Донбасу // Там само. – 2006. – № 3./4. – С. 38–57.
14. *Наумко І., Калюжний В., Сворень Й. та ін.* Флюїди постседиментогенних процесів в осадових та осадово-вулканогенних верствах південно-західної окраїни Східно-Європейської платформи і прилеглих геоструктур (за включеннями у мінералах) // Там само. – 2007. – № 4. – С. 63–94.

15. *Svoren' Yo.* Nature of coal methane: 7th Europ. coal conference : Abst., Lviv, Aug. 26–29, 2008. – Lviv, 2008. – P. 158–159.

Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України, Львів

Надійшло до редакції 06.02.2009

Yo. M. Svoren', I. M. Naumko

Thermobarometry and geochemistry of gases of veinlet-impregnated mineralization in the deposits of oil- and gas-bearing areas and metallogenic provinces: a physico-chemical model of coal-seam formation

A physico-chemical model of coal-seam formation is elaborated. According to it, the coal seams were formed from organic remains in sedimentary rocks under the influence of a methane-containing deep-seated high-temperature fluid. Due to the intensive subvertical-migration embedding, the mixture of methane with $Ca(OH)_2$, CO_2 *and* H_2O *(with a temperature of over 580 °C) has exposed these sedimentary rocks with a thick layer of organic remains to an aggressive physico-chemical effect from one side-direction, and they were heated to temperatures considerably higher than that of homogenization of fluid inclusions in newly formed minerals. The healing and cementation of porous cavities of rocks and defects in minerals with the forming of a veinet-impregnated mineralization and their methane saturation led to the methane preservation both by newly formed sediments and coal. Since methane was included in the deep-seated high-temperature fluid passing through the porous space of a deep fault, its concentration in the direction of the fault should be increased and finally should be connected with a probable methane deposit-field.*