

М.І. Павлюк, Є.С. Бартошинська, С.І. Бик,
Інституту геології і геохімії горючих копалин НАН України

ГАЗОГЕНЕРАТИВНИЙ І СОРБЦІЙНИЙ ПОТЕНЦІАЛ ВУГІЛЛЯ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ЙОГО РЕЧОВИННОГО СКЛАДУ

Розглядаються газогенераційні і сорбційні здатності окремих мікрокомпонентів вугілля і в цілому процесу генерації і сорбції вугільних газів.

THE GAS-GENERATING AND SORBING POTENTIAL OF COAL DEPENDING ON ITS COMPOSITION

Gas-generating and sorbing peculiarities of some coal microelements and the processes of generation and sorption of the coal gases as a whole are discussed.

Сучасна газонасність вугільних покладів обумовлена багатьма чинниками, які діяли впродовж вуглефікації. На жаль, найменше або зовсім не приділялося уваги одному з пріоритетних факторів — речовинному складу самої вугільної маси, а власне спроможності генерувати гази певними мікрокомпонентами вугілля і здатності деякими з них ці гази утримувати, тобто сорбувати.

Відтворити в лабораторних умовах процесу генерації і сорбції вугільних газів дуже складно в зв'язку з великою кількістю біологічних, хімічних, фізичних факторів, задіяних в процесі вуглефікації. Тому при вивченні газогенерації і сорбції вугільних газів вдаємося до непрямих (посередніх) методів з використанням певних показників вугілля та характеру їх змін в процесі метаморфізму. В першому випадку — це вихід летких речовин з вугілля, в другому — структура мікрокомпонентів вугілля.

Максимальним виходом летких компонентів, а отже, найбільшим газогенеративним потенціалом характеризуються мікрокомпоненти ліптинітової групи, дещо меншим — вітринітової групи і незначним — інертинітової групи.

В метаморфічному ряді максимальний вихід летких з ліптинітів фіксується в інтервалі першого порогу вуглефікації — стадії 0-I (марки Б-Д); пізніше, починаючи з другого порогу вуглефікації (стадії III-IV, марки Ж-К) до V стадії (марки ОС) ліптиніти перетворюються доволі швидко. Далі вони втрачають свою індивідуальність, зливаючись з основною вітринітовою масою. Таким чином їх газогенеративний потенціал фактично закінчується в діапазоні VI стадії (вугілля пісної марки).

Кількість летких з вітринітів в ряді метаморфізму від буровугільної стадії до антрацитів зменшується з 40-50% до 4-8%. Зміна ця відбувається нелінійно і нерівнозначно. Вітриніти, як і споріднені їм мікро компоненти-

групи семівітринітів, здатні генерувати газу напротязі всього процесу вуглефікації, поки не перетворяться з антракоїдів в карбоїди.

Мікрокопонентам групи інертиніту властивий невисокий вихід легких компонентів; деякі з них — фюзиніт, мікриніт, є карбоїдами і вже на низьких стадіях містять 90-97 % вуглецю і зовсім мало водню, хоча при певних умовах і ці мікрокопоненти можуть "генерувати" газу, про що буде сказано нижче.

Таким чином найбільше газоутворюючими є мікрокопоненти груп ліптинітів і вітринітів (трохи менше семівітринітів). На низьких стадіях різниця у виході легких з ліптинітів і вітринітів досить значна — 30-40 %. Не зважаючи на це, основна роль в газоутворенні належить вітринітам, з огляду на те, що він займає чільне місце в петрографічному складі вугілля — 65-85 %, в той час, як ліптиніти мають обмежене поширення — 0-10 %, за винятком окремих типів гумусового і сапропелітового вугілля, де вміст їх у вугіллі може сягати декількох десятків процентів.

Відносно газогенеративного потенціалу генетичних типів вугілля можна відмітити наступне.

При визначенні генетичних типів головну роль відіграє глибина розкладу органічної речовини. Як це впливає на газоутворення видно по виходу легких з певних генетичних типів ізометаморфічного вугілля, які, наприклад, на низьких стадіях мають вихід легких компонентів на 10 % менший з маловідновленого вугілля, ніж з відновленого; на високих стадіях ця різниця дещо зменшується. В цілому вихід легких в метаморфічному ряді закономірно зменшується від I генетичної групи вугілля до IV: телініти — посттелініти — преколініти — колініти (групи за генетичною класифікацією Тимофєєва, Боголюбової, 1965). Отже, в цьому напрямку зменшується і газогенеративний потенціал вугілля певних генетичних типів. Серед генетичних типів вугілля першими припиняють газогенеративну діяльність фюзиніто-телініти, останніми гелініто-колініти.

Слід зауважити, що основна газогенерація з органічної речовини відбувається в зоні, де активні біологічні і хімічні процеси, тобто в ряді торф — буровугільна стадія і самий початок кам'яновугільної (перший поріг вуглефікації). В цьому інтервалі втрачається до 14 % легких речовин. В діапазоні довгополуменевої і газової стадій зменшення виходу легких іде поступово — втрачається 5-6 % легких від попередньої кількості. В зоні другого порогу вуглефікації — жирна і коксівна стадії — спостерігається стрибок у віддачі легких компонентів — тут він становить 11-13 % від попередніх значень. В межах коксівної-пісної стадій поступова втрата легких зменшується на 7%, а в антрацитів — до 3 %.

Генерація газу продовжується доти, доки в сполуках, якими складаються мікрокопоненти вугілля, є достатньо водню і термобаричні умови сприяють утворенню газів вуглеводневого ряду. З цієї причини відбувається неодноразове припинення газогенерації окремими мікрокомпонентами. Так, першими припиняють генерацію газів фюзиніти (початок газової стадії), після них мікриніти (кінець газової стадії), ліптиніти припиняють ге-

нерацію в діапазоні пісної стадії, вітриніти генерують газу майже на протязі всього процесу вуглефікації, але після другого порогу вуглефікації деякі з них, набувши в процесі метаморфізму відповідної структури, можуть вже утримувати газу, а після третього порогу (стадії пісна — початок антрацитової) процес генерації остаточно переходить в процес сорбції.

Відносно фюзинітів можна зауважити ще слідуюче. Після втрати здатності генерувати газу порожні клітини фюзинітів, якщо вони не мінералізовані, можуть бути виповнені вільними газу. В процесі метаморфізму під тиском в певні моменти фюзиніти втрачають свою клітинну будову, відбувається ущільнення, нерідко до такого ступеню, що газу витискуються і починається вторинний процес "генерації" газів. Такі випадки можуть відбуватися неодноразово.

В цілому із зростанням ступеня метаморфізму до стадій III-IV процес газоутворення значно затухає, а в ряді випадків практично припиняється; газу знаходяться переважно у вільному стані.

Спостереження за змінами виходу летких речовин в процесі вуглефікації з окремих мікрокомпонентів і генетичних типів вугілля дають підстави вважати, що другий поріг вуглефікації є останньою зоною хімічної активності, після якої переважаючими в перетворенні органічної речовини стають фізичні фактори, відмічається швидке зростання температури і тиску, відбувається впорядкування структур мікрокомпонентів і, згодом, основним джерелом газонасиченості вугільних пластів стає сорбція. Деякий час процеси генерації і сорбції газів можуть іти паралельно.

Набування мікрокомпонентами вугілля в процесі метаморфізму сорбційних властивостей пов'язане головним чином із структурою, яка забезпечує можливість утримання газів. А це структура відповідної густини, подібна вона до губки з мікро- і ультрапорами розміром до 10^{-7} м.

Про характер структури мікрокомпонентів і зміни її в метаморфічному ряді говорять численні фізико-хімічні дослідження, дані яких докладно викладено в цілій низці праць (Касаточкін, 1953; Узюк, 1970; Косенко, 1971; Лизун, Сизоненко, 1979 та ін.). Вони показують, що молекулярна впорядкованість, набута впродовж вуглефікації, найкраща у вітринітів і найбільше придатна для сорбування газів; у фюзинітів вона змінна; в групі інертинітів окремо стоїть мікриніт, який утворився при фюзенізації безструктурного гумусового гелю, і тому вже на низьких стадіях вуглефікації має аморфну, або зернисту мікроструктуру, яка із зростанням тиску ущільнюється і стає сприятливою для сорбування газів. Ліптиніти не утворюють структур придатних для утворення газів.

В цілому максимальна сорбційна здатність відмічається у вугіллі, яке містить більше, як 75% вітринітових і семівітринітових мікрокомпонентів. Вона активно зростає від жирного вугілля до антрацитів, причому поле коливань значень сорбційної ємкості поступово звужується.

Максимальна кількість газу з вугілля, в якому переважали фюзенітові мікрокомпоненти, одержана при лабораторних дослідженнях [1] з коксівного вугілля (другий поріг вуглефікації) і становила близько 20 %. З них

більшість становлять вільні гази, які в багатьох випадках здатні акумулювати фюзеніти. Встановлено, що фюзеніти легко поглинали гази і при зміні умов їх легко віддавали, в порівнянні з вітринітами швидше в 3-5 разів. Цікаві дані одержані Й.Л. Еттингером [1] відносно колекторських властивостей вітринітових і фюзенітових мікрокомпонентів, наведені на рис. 1*, який являє собою параболічну криву, що відображає сорбційний процес. На нашу думку інтерпретація цих даних має бути дещо іншою. На побудованому нами на основі даних Й.Л. Еттингера графіку (рис. 2*), видно, що маємо справу не з одним, а з двома процесами: ліва частина параболи відображає генераційний, а права — сорбційний. Така трактовка графіку пояснює, чому вміст газу у вітринітах в межах другого порогу вуглефікації значно зменшується і навіть падає до нуля, а потім знову стрімко зростає.

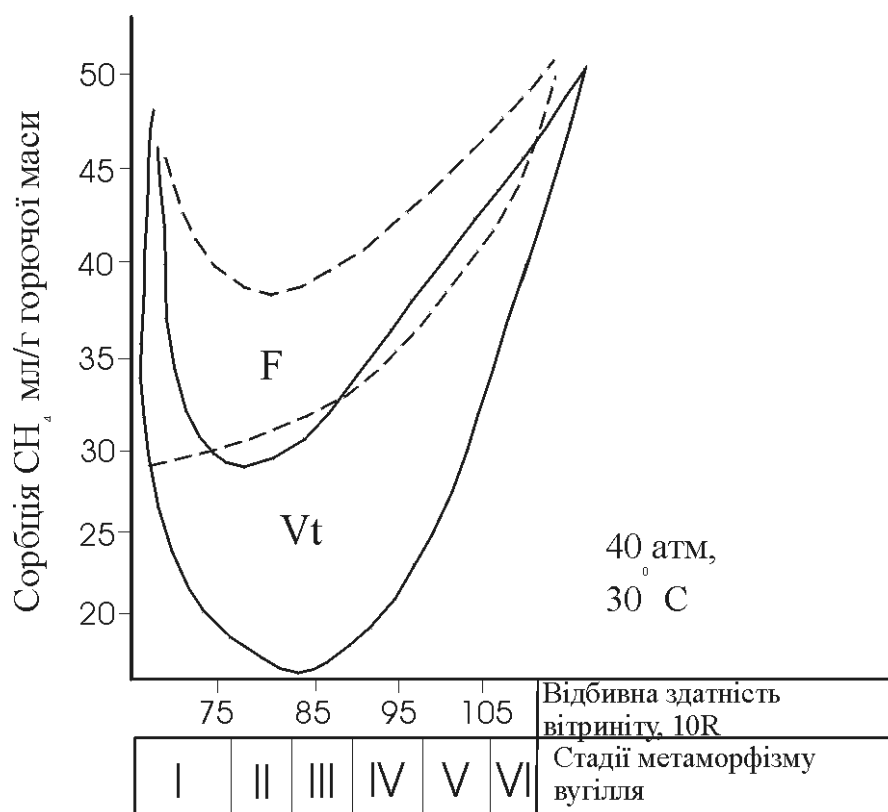


Рис. 1. Сорбційна метаноємкість вітринітового вугілля на різних стадіях метаморфізму [1]; (Еттінгер, 1966)

* Рисунок 1, 2 стосуються метаноємкості окремих мікрокомпонентів, а не загального газу, та оскільки метан займає чільне місце серед сорбованих газів (90-98%), то можна використати їх і для з'ясування загального процесу газогенерації і сорбції вугілля.

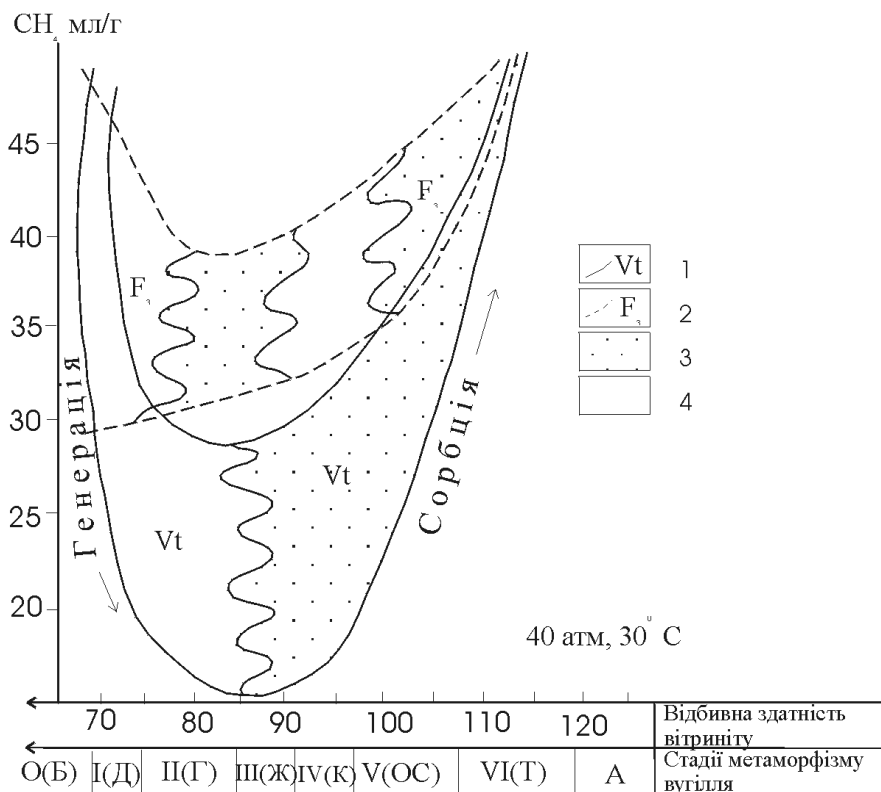


Рис. 2. Загальна схема генерації і сорбції метану основними мікрокомпонентами вугілля — Vt , F_3 в процесі метаморфізму:
 1 — вітриніт; 2 — фюзиніт; 3 — сорбція; 4 — генерація

В першому інтервалі фактично вичерпується генераційний потенціал вітринітів. В подальшому за рахунок структурної перебудови він набуває сорбційних властивостей і починає активно поглинати генеровані вільні гази. Натомість у фюзинітів генераційна спроможність незначна і вичерпується вже на низьких стадіях вуглефікації. Пізніше, як це видно на графіку, він при певних термобаричних умовах може неодноразово акумулювати і віддавати вільні гази.

Резюмуючи вищенаведені дані щодо генераційних і сорбційних властивостей окремих мікрокомпонентів вугілля можна вважати, що основними газогенеруючими є мікрокомпоненти груп вітриніту і семівітриніту, частково групи інертиніту (семіфюзиніт), групи ліптиніту (в т.ч. альгініт); сорбуючими — мікрокомпоненти груп вітриніту і семівітриніту, інертиніту — мікриніт; акумулювання вільних газів найбільше властиве семіфюзинітам і фюзинітам (група інертинітів) (таблиця 1).

Як видно з табл. 1, на структуру мікрокомпонентів, а отже і на сорбційну здатність, може впливати порушеність їх енто- і екзогенними тріщинами. Відомо, що високою мікротвердістю характеризуються фюзиніти і мікриніти, низькою — вітриніти, семівітриніти. Через це останні часто інтенсивно розбиті ентогенними тріщинами (тріщини стикання), які розташовуються в певному порядку, утворюючи різноманітні окремісті; спостерігаються у вітринітів і тріщини висихання; неодноразово були помічені своєрідні "такировидні" мікротріщини, які ніби павутинням вкривають

всю поверхню вітриніту. Всі ці тріщини закриті і при певних розмірах можуть посилювати колекторські властивості, збільшуючи поверхню сорбування.

Таблиця 1

Участь мікрокомпонентів вугілля в процесах генерації і накопиченні газів

Процеси	Мікрокомпоненти	Примітки
Газогенерація	Vt, Sv, F1 (частково), L (в т.ч. Alg)	
Сорбція	Vt, Sv, F2	В меншому ступені сорбування газів може відбуватися і іншими мікрокомпонентами при певному характері порушення їх ендегенними тріщинами
Акумулявання вільних газів	F1, F3	Накопичувати вільні гази можуть і інші мікрокомпоненти за рахунок енде- і екзотріщинуватості при умові закритості мікропор

Ліптиніти через їх високу в'язкість взагалі рідко затронуті тріщинами, навіть екзогенними.

Порушеність мікрокомпонентів екзогенними тріщинами, які в переважній кількості відкриті, знижують сорбційну ємкість мікрокомпонентів, сприяючи дегазації.

Щодо сорбційної здатності генетичних типів вугілля встановлено, що вона вища у маловідновленого, ніж у відновленого. В групах за розкладом легніно-целюлозних тканин [2] колекторські властивості зростають в ряді генетичних типів вугілля: гелініто-телініти, гелініто-посттелініти, гелініто-преколініти, гелініто-колініти. Сорбційна здатність лейптинітів коливається в широких межах. Вона може бути досить високою, якщо в їх складі значне місце посідають вітринітова або мікринітова основна маса. Аналогічно теж саме спостерігається і у сапропелітів.

Дослідження в лабораторіях ІГГК НАН України донецького і львівсько-волинського вугілля показало, що збільшення в складі вугілля вітринітових мікрокомпонентів сприяє зростанню в ньому загального об'єму сорбованого газу і, зокрема, збільшенню в газовій суміші метану; зростання кількості фюзиніту приводить до зменшення сумарного об'єму сорбованого газу, т.ч. метану [3, 4].

В заключенні варто зауважити, що сорбовані вітринітами газу при порушенні пласта дифундують спокійніше, ніж вільні газу, накопичені фюзинітами. Останні доволі часто залягають в пластах вугілля, в породах його покрівлі у вигляді значних за розмірами лінз, скупчень, які є потенційними "пастками" для акумуляції вільних газів. Вони найбільше утворюються під час генераційного процесу до стадій Ж-К, частково ОС (другий поріг вуглефікації, який є найбільше важливим і найменше стабільним в ряді метаморфізму вугілля).

Відмітимо, що сорбція газів вугілля є основним, але не поодиноким джерелом в формуванні газонасиченості вугільних пластів. В багатьох випадках в сусідстві з вугільними басейнами знаходяться нафто-газові поклади, з яких у вугільні пласти мігрують газу, збагачуючи важкими вуглеводнями газу суміші з вугіллям. Крім того, у вугільних басейнах, де тектоніка пов'язана з глибинними розломами, не виключається доплив мантийних газів [5].

Розглянуті нами критерії взаємозв'язку речовинного складу вугілля і сучасної газонасиченості вугільних пластів корисні будуть і для прогнозу газонасиченості нових вугленосних площ [6, 7].

Висновки авторів щодо ролі речовинного складу вугілля у формуванні газонасиченості вугільних покладів не претендують на остаточність. Вони базуються на узагальненні власних досліджень і існуючих нечисленних по даному питанню публікацій.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Эттингер Й.Л. Газонасиченість ископаемых углей. — М.: Недра, 1966, 223 с.
2. Тимофеев П.П., Боголюбова Л.И. Генезис гумусовых углей и особенности распределения их в различных тектонических типах угленосных формаций. — Междунар. конгресс по стратиграф. и геол. карбона СССР, V сессия, М.: Недра, 1965.
3. Иванов О.К., Кушнірук В.О., Бартошинська Є.С., Кристиняк В.П., Косарчин О.Л. До питання про взаємозв'язок речовинного складу вугілля викидонебезпечних пластів з його газонасиченістю. — Геол. і геохім. горючих копалин, 1973, вип. 35, с. 50-56.
4. Кушнірук В.А., Иванов А.К., Бартошинская Е.С., Кристыняк В.П. Петрографический состав углей и их газоемкость. — Геология и геохимия горючих ископаемых, 1974, вып. 37, с. 17-23.
5. Павлюк М.І., Різун Б.П. Новий підхід до нафтогеологічного районування південного заходу України. // Проблеми геології і геохімії горючих копалин заходу Української РСР. — Львів, 1989, с. 81-82.
6. Муромцева А.А., Бык С.И., Бартошинская Е.С. Придобрудженский палеозойский прогиб // Угленосные формации карбона юго-западной окраины Восточно-Европейской платформы. — Киев: Наук. думка, 1983, с. 122-152.

7. Павлюк М.И. О структурном положении угленосных отложений западного Причерноморья. Угольные бассейны и условия их формирования, Ч.1. — Львов, 1980, с. 174-175.

УДК 553.981:553.94

В.І. Узіюк, С.І. Бик, А.В. Ільчишин, О.М. Шевчук,
ІГГГК НАН і НАК «Нафтогаз» України, м. Львів

ДОСЛІДЖЕННЯ ГАЗОГЕНЕРАЦІЙНОГО ПОТЕНЦІАЛУ КАМ'ЯНОВУГІЛЬНИХ БАСЕЙНІВ УКРАЇНИ

Визначені роль і розподіл у вугленосних товщах Донецького і Львівсько-Волинського басейнів джерел генерації метаморфогенного метану, які знаходяться в трьох видах: концентрованому в промислових вугільних пластах, у пластах неробочої товщини і у розсіяному вигляді. Підраховані об'єми метану, що утворився в басейнах на торф'яній, кам'яновугільній і антрацитовій стадіях вуглеутворення.

RESEARCH OF THE GAS-GENERATION POTENTIAL OF THE COAL BASINS OF UKRAINE

The role and distribution of the resources of generation of metamorphogenetic methane in Donetsk and L'vov-Volynsky basins are studied. Such resources are available in three forms: concentrated in commercial coal seams, in the seams of non-working seams and in dissipated form. The volume of methane generated in the basins at the peat, coal and anthracite stages was calculated.

Детальне і всебічне вивчення утворення викопного вугілля з рослинної органічної речовини показало, що цей процес відбувається з виділенням величезної кількості газів, основна частина яких вуглеводні. Встановлено, що маса води і газу, що виділяється при перетворенні вихідної органіки у вугілля, за вагою дорівнює половині ваги цієї органіки, а кількість води і газу знаходяться в однакових пропорціях.

Дослідження газоносності вугільних пластів і геохімії вугільних газів, що проводяться на протязі декількох десятиріч багатьма вченими, дали можливість більш імовірно оцінити масштаби генерації цих газів в процесі метаморфічного перетворення органічної речовини і визначити об'єм газів, що зберігся на даний час у вугленосних відкладах кам'яновугільних басейнів. Проблема визначення кількості газів, які утворилися у вугільних басейнах під дією мінливих термодинамічних умов на вихідну органічну речовину, є надзвичайно важливою для газовугільної геології ще і тому, що