

НАУМКО

Ігор Михайлович –

доктор геологічних наук,
завідувач відділу геохімії
глибинних флюїдів Інституту
геології і геохімії горючих
копалин НАН України

ПАВЛЮК

Мирослав Іванович –

член-кореспондент НАН України,
професор, директор Інституту
геології і геохімії горючих
копалин НАН України

СВОРЕНЬ

Йосип Михайлович –

кандидат технічних наук,
старший науковий співробітник
Інституту геології і геохімії
горючих копалин НАН України

ЗУБИК

Микола Ігорович –

аспірант Інституту геології
і геохімії горючих копалин
НАН України

УДК 552.578:553.94:553.98 (477)

МЕТАН ГАЗОВУГІЛЬНИХ РОДОВИЩ – ПОТУЖНЕ ДОДАТКОВЕ ДЖЕРЕЛО ВУГЛЕВОДНІВ В УКРАЇНІ

Розглянуто значення метану вугільних покладів як потужного додаткового джерела енергії, його важливу роль у нарощуванні паливно-енергетичного потенціалу України. На основі нової фізико-хімічної моделі глибинного мінерало- і вуглеводнегенезу в літосфері Землі обґрунтовано переважно абіогенний генезис метану, що вказує на практично невичерпне джерело цього виду вуглеводневої сировини. Це набуває особливої ваги у вирішенні фундаментальних питань генезису, міграції і локалізації вуглеводневмісних флюїдів, зокрема при формуванні газо(метано)вугільних родовищ, комплексне освоєння яких із синхронним рентабельним видобутком метану і вугілля створює передумови для інтенсивного розвитку метановидобувної промисловості в Україні.

Ключові слова: метан, вугільні поклади, газо(метано)вугільні родовища, вуглеводнегенез, фізико-хімічний реактор, літосфера.

Вступ

Спад видобутку нафти, газу і конденсату в Україні з другої половини 70-х років ХХ ст. призвів до того, що наявних нині власних ресурсів (переважно це родовища традиційного (*conventional*) типу) недостатньо для стабілізації паливно-енергетичного балансу держави. Водночас реально підвищити рівень видобутку вуглеводнів можна насамперед за допомогою перспективних додаткових (нетрадиційних) джерел, до яких належать метан вугільних покладів (*coal-bed methane*), газ центральнобасейнового типу (*basin-centered tight gas*), так званий сланцевий газ (*shale gas*), газ ущільнених колекторів (*tight gas*) тощо. Особливу увагу привертає до себе метан вугільних родовищ, що зумовлено як його великими загальними світовими ресурсами (за різними оцінками, від 93,4 до 285,2 трлн м³), так і значним зростанням видобутку в багатьох вуглевидобувних країнах світу.

Наприклад, у США видобуток метану вугільних родовищ стабілізувався на рівні 55–60 млрд м³, що істотно впливає на світову економіку. Україна за обсягами цього додаткового джерела енергії безперечно входить до першої десятки держав світу, зокрема, вуглепородні масиви (вугільні пласти і вмисні породи) її вугільних басейнів містять значну кількість горючих газів, переважно метану [1]. Саме потреба їх використання у паливно-енергетичному комплексі України спонукає розглядати сьогодні метан вугільних покладів як потужне додаткове джерело енергії, а вугільні родовища — як комплексні газо(метано)вугільні, освоєння яких слід здійснювати з обов'язковим видобутком і промисловим використанням метану із забезпеченням умов для синхронного рентабельного видобутку метану і вугілля [2].

Оскільки розвідані запаси і прогнозні ресурси природного газу традиційних джерел нині забезпечують в Україні постійний видобуток на рівні 18–20 млрд м³, якого навіть у разі стабілізації найближчими роками явно недостатньо для потреб держави, то, з огляду на значні ресурси і запаси метану у вуглепородних масивах, розвиток метановидобувної промисловості стає необхідним. Достовірно ж оцінити місце метану в нарощуванні паливно-енергетичного потенціалу для визначення пріоритетів галузі можна, лише з'ясувавши його співвідношення з родовищами інших вуглеводнів як традиційного, так і додаткових типів.

Про складність завдань зі стабілізації і нарощування видобутку вуглеводнів із природних родовищ традиційного типу

Як свідчать дані про перспективи нарощування геологорозвідувальних робіт у НАК «Нафтогаз України» до 2015 р. [3], основними напрямками робіт на традиційні вуглеводні будуть:

- пошуки і розвідка нових родовищ у пастках різних типів Дніпровсько-Донецької западини (ДДЗ) та північного борту у відкладах палеозою, складно побудованих пастках зони зчленування з Донецькою складчастою спорудою у

відкладах палеозою, межах крупних занурених антиклінальних структур та зон їхнього облямування південно-східної частини ДДЗ, комбінованих пастках кайнозойсько-мезозойських відкладів Карпатської нафтогазоносною провінції, антиклінальних структурах у палеозойських карбонатних і теригенних відкладах Волино-Поділля, потужних антиклінальних структурах у відкладах мезо-кайнозою Прикерченського і Північно-західного шельфів Чорного моря;

- дорозвідка відкритих родовищ, що перебувають у дослідно-промисловій розробці;
- дорозвідка родовищ, що перебувають у розробці.

Між тим, у 2008–2010 рр. компанія не отримала жодного спеціального дозволу на геологічне вивчення нових перспективних площ для виконання завдань щодо приростів запасів, які забезпечуватимуть стабілізацію і нарощування видобутку вуглеводнів [3], а досягати ресурсовідтворення вуглеводнів, зокрема природного газу, досить проблематично, особливо через щомісячні відрахування значних коштів Газпрому Російської Федерації за поставлений газ. Стабілізація ж видобутку вуглеводнів із природних родовищ традиційного типу теж видається складним завданням, оскільки відкриття найближчим часом нових значних родовищ малоймовірно через недостатні обсяги пошуково-розвідувальних робіт, адже після анексії Криму до сфери впливу Російської Федерації відійшли перспективні площі в межах Прикерченського і Північно-західного шельфів Чорного моря.

Передумови інтенсифікації робіт з видобутку природного газу з родовищ нетрадиційного типу і можливі ризики при їх освоєнні

З огляду на вищевикладене, на перший план висувають інтенсифікацію робіт з видобутку природного газу з різних за походженням родовищ нетрадиційного типу, зокрема таких, як сланцевий газ, газ ущільнених колекторів, метан газовугільних родовищ і газ астроблем.

Поза увагою авторів роботи [3] поки що залишилися родовища центральнобасейнового типу, хоча газ у них за обсягом ресурсів належить до пріоритетних і його скупчення виокремлюють за такими критеріями [4]:

- вони не пов'язані з традиційними структурними чи літолого-стратиграфічними локальними пастками, а займають центральні занурені частини нафтогазоносних басейнів;
- колектори представлені переважно теригенними породами;
- поширені у щільних колекторах зі ступенем катагенезу порід від 0,7 до 1,3% R і більше, пористістю — від 5 до 25% (переважно менш як 5%), проникністю — переважно менше за 0,1 мД, яка загалом змінюється в інтервалі від 500 до 0,005 мД, у середньому 1,0–0,1 мД ($5 \cdot 10^{-7}$ – $5 \cdot 10^{-18}$ м²);
- резервуари газу перебувають під аномальним тиском у зонах аномально високих чи аномально низьких пластових тисків;
- характеризуються маловодністю продуктивної товщі;
- екрани скупчень газу зазвичай не збігаються з літолого-стратиграфічними межами, а зумовлені поєднанням капілярних сил з чинниками катагенних (вторинних) процесів.

На сьогодні у ДДЗ здійснено якісну і кількісну оцінку ресурсів газу центральнобасейнового типу, видобувні ресурси якого до глибини 4,5 км (при коефіцієнті вилучення 0,28) становлять 8482 млрд м³ [4]. Проведено також детальне дослідження найперспективніших на газ відкладів у центральній та південно-східній частинах западини, визначено перспективні продуктивні комплекси, зони і першочергові ділянки для постановки цільових геологорозвідувальних робіт і запропоновано параметричне буріння. Та позаяк концепція центральнобасейнового газу поки що не дуже поширена у світі, то і в Україні її втілення можна розглядати лише у перспективі.

Крім того, надра України містять значні ресурси сланцевого газу, і його видобуток також входить до пріоритетних завдань НАК «Нафтогаз України». Сьогодні ми не маємо ще достатнього досвіду підрахунку запасів і ресурсів

сланцевого газу [5]. За попередніми оцінками, обсяги його прогнозних ресурсів у межах перших перспективних ділянок в Україні становлять 2,98 трлн м³ на Олеській площі (Західний нафтогазоносний регіон) і 4,054 трлн м³ — на Юзівській (Східний нафтогазоносний регіон).

Світовий досвід свідчить, що перспективні на сланцевий газ породні комплекси загалом мають характеризуватися такими показниками: вміст органічної речовини — не менш ніж 1%; ступінь термічної зрілості органічної речовини за відбивною здатністю вітриніту — вищий від одиниці; вміст глинистого матеріалу — не більш як 50% [6]. У принципі, всі необхідні критерії перспективних на сланцевий газ породних комплексів витримуються і в Україні, зокрема для Східного [5, 6] і Західного [6, 7] регіонів, що узгоджується з даними на прилеглій території Польщі [8].

У перспективних на сланцевий газ породних комплексах силуру Львівського прогину у складі легких компонентів флюїдних включень у мінералах і закритих пор граптолітових аргілітів визначено метан (до 100 об.%), на глибших горизонтах — етан (одиниці%), а також CO₂ і N₂ у незначних концентраціях. Це засвідчує наявність умов як для нагромадження сланцевого газу при трансформації органічної речовини, так і для можливості його поповнення завдяки припливу глибинних мігрувальних вуглеводневих флюїдів потужними тріщинними системами в аргілітових та інших верствах, що підтверджує їх газоперспективність [9].

Однак сланцевогазоносні комплекси в Україні дуже специфічні, що значно підвищує ризики як у підрахунку ресурсів і запасів сланцевого газу, так і обсягів його майбутнього видобутку. Так, порівняно з вмісними породами північноамериканських родовищ, у яких вміст органічної речовини досягає 8,5%, перспективні комплекси України містять загалом значно меншу її кількість (переважно не вище 1–2%), чого недосить для генерування обсягів газу, видобуток якого був би рентабельним. Імовірно, цим зумовлена відсутність конвенційних родовищ у відкладах нижнього палеозою і обмеженість проявів природного газу

при бурінні свердловин на Волино-Поділлі. Крім того, вивчені граптолітові аргіліти — це теригенні сланцеві породи зі значною домішкою вапняквистої складової, що ускладнює гідророзривні явища. Водночас проведення штучного багатоступінчастого гідравлічного розриву пластів при потужному гідродинамічному ударі, супроводжуване виникненням значних зон тріщинуватості, і проникнення при цьому розчинів на великі відстані сприятимуть порушенню рівноваги у природній системі флюїд—порода. Це може становити реальну небезпеку якості питних прісних і мінеральних підземних вод, оскільки наявним водоносним горизонтам і комплексам, насамперед водозаборам питної води, загрожуватиме хімічне забруднення у разі поспішної реалізації планів з видобутку сланцевого газу, лише додаючи екологічних проблем [10]. Метод гідророзриву пласта може значно впливати й на можливі зміни сейсмічного режиму територій і підвищення загрози для водних ресурсів [11]. Крім того, покладам газу в сланцях притаманні недоліки, пов'язані з високою міцністю породи, що ускладнює процес буріння, та її низькими емнісно-фільтраційними параметрами, що негативно впливає як на розмір покладу, так і на режим та період експлуатації свердловин і родовища.

Важливо врахувати й уроки польського досвіду, адже результати пошуково-розвідувальних робіт на сланцевий газ у Люблінському прогині в Померанії виявилися неоднозначними, і низка фірм (канадська Talisman, американські Marathon Oil, Exxon Mobil) вже згорнули діяльність у Польщі, переконавшись у низькій ефективності та економічній недоцільності пошуків і видобутку тут сланцевого газу [12].

Звернемо увагу на ще один важливий аспект, предмет для роздумів. Як впливає з [13], на американських родовищах промислове видобування метану з чорних сланців, щільних пісковиків, вугільних пластів здійснюють за секретною технологією Cavity (порожнина, каверна) М.І. Бабічева, абсолютно нешкідливою в екологічному плані, бо її складовими є чиста вода і кварцовий пісок, на відміну від за-

стосовуваних нині на теренах Східної Європи, зокрема й України, технологій спрямованого гідророзчленування чи гідророзриву пластів.

З огляду на це, логічним є обґрунтування вибору першочергових об'єктів спочатку під буріння перших свердловин для встановлення наявності сланцевого газу, пізніше — як полігонів для відпрацювання методик його пошуків і видобутку з ґрунтовними науковими підходами та висновками, і лише тоді можлива співпраця з фірмами, що мають передові технології і досвід геологорозвідувальних робіт та видобутку вуглеводнів такого типу, а не навпаки [5].

Щодо родовищ газу ущільнених колекторів, то високу перспективність має насамперед Західний нафтогазоносний регіон [14]. Зокрема, про перспективи відкриття родовищ вуглеводнів в ущільнених колекторах відкладів олігоцену зони Кросно (Українські Карпати) свідчить домінування метану з його гомологами (етан, пропан, бутан) у складі включень у мінералах порід з низькими емнісно-фільтраційними властивостями, що доводить вуглеводневу спрямованість мігрувальних флюїдів і правомірність віднесення вивченої території до газоносних. Однак при цьому наголошується, що лише із застосуванням сучасних методів і технологій видобутку газу з ущільнених колекторів шляхом інтенсифікації в майбутньому можна отримати стабільні припливи, що дасть змогу значно наростити ресурси і запаси газу.

Ресурсна база метану газовугільних родовищ, чинники його переваги над вуглеводнями іншого походження та місце у паливно-енергетичному комплексі

Найважливіший висновок, що впливає з вищевикладеного на користь метану газовугільних родовищ, — це встановлення неясності розподілу і співвідношень усіх можливих чинників ризику при видобуванні інших горючих копалин, відмінних від метану вугільних пластів за походженням. Крім того, перевага метану вуглепородного масиву (метановмісні породи і вугілля) полягає насамперед у наявнос-

ті значних ресурсів і запасів цього додаткового джерела вуглеводнів. Розрахований сумарний газогенераційний потенціал (доінверсійні ресурси) різних типів вуглефікованої органічної речовини Донецького газовугільного басейну сягає 278 трлн м³, Львівсько-Волинського басейну — 25 трлн м³ генерованого метану (див. табл.) [15].

Дослідженнями сучасної газоносності вуглепородних масивів Донецького і Львівсько-Волинського басейнів встановлено, що, незважаючи на великі втрати впродовж геологічної історії, у надрах все ще залишається значна частина метану, що визначає ресурсну базу цієї сировини та її місце у паливно-енергетичному комплексі. Так, у Донецькому басейні ресурси метану в інтервалі глибин 500–1800 м оцінено в 12–22 трлн м³, з яких 0,43 трлн м³ перебуває у водорозчиненому стані, 1,46 — у вугільних пластах завтовшки понад 0,3 м і 9,92 — у вуглепородному масиві [16]. За даними випробування на метан при геологорозвідувальних роботах, загальні ресурси метану в Донбасі становлять 22,2 трлн м³, а промислові — 11,6 трлн м³, зокрема придатні для вилучення — 3,0–3,7 трлн м³. За незалежною оцінкою американських спеціалістів, ресурси метану вугленосної товщі Донбасу перевищують 25,0 трлн м³. У проекті оновленої Енергетичної стратегії України до 2030 р. потенційні ресурси метану вугільних пластів також визначено на рівні 12–25 трлн м³ [17].

Значні ресурси і запаси метану зосереджені переважно у вуглевмісних теригенних породах, головню пісковиках, і в промислових та непромислових пластах вугілля. Зокрема, у Донбасі їх підрахунок провели до глибини 1800 м. Ці глибини є значно меншими порівняно з глибинами буріння для видобутку як традиційних, так і додаткових видів палива, що загалом становлять 4,0–4,5 км.

Як свідчать результати буріння в Україні за останні роки, умови видобування природного газу постійно ускладнюються. Водночас майже всі значні за розмірами поклади традиційних вуглеводнів, імовірно, вже відкрито. Подальше відкриття малих родовищ, як і освоєння безлічі

вже відомих, навіть за умови їх економічної доцільності, потребує вкладання значних коштів і істотно не вплине на паливно-енергетичний баланс держави. Невеликі родовища можна успішно використовувати лише для місцевих потреб.

Отже, свердловини на метан вугільних покладів матимуть невелику глибину (1200–1800 м), і буритимуть їх у не надто міцних породах вуглепородного масиву, головню пісковиках з високою пористістю і проникністю. Це переважно пачки потужних алювіально-дельтових (руслових, підводних виносів рік чи підводних виносів рік з ознаками руслових) газоносних пісковиків, в основному світ C₂³, C₂⁵, C₂⁶, C₂⁷ середнього карбону, які мають такі характеристики [18]:

- їх середній вміст у складі зазначених світ по шахтних полях варіює від 23 до 57,7% зі змінною потужністю пластів від 2,6 до 70,0 м;
- вони зафіксовані у районах поширення вугілля марок Г, Ж і К і характеризуються високою метаномісткістю, тиск метану в них змінний у широких межах і досягає 10 МПа;
- шахти, у межах полів яких поширені пісковики високої газоносності, є надкатегорійними за метаном, здебільшого найближчі до газоносних пісковиків вугільні пласти є небезпечними через раптові викиди вугілля і газу та суфлярне метановиділення.

Сумарний газогенераційний потенціал Донецького і Львівсько-Волинського газовугільних басейнів за типами вуглефікованої органічної речовини

Тип вуглефікованої органічної речовини	Об'єм генерованого газу, млн м ³	
	Донецький басейн	Львівсько-Волинський басейн
Кам'яне вугілля промислових пластів	22 201 002	728 302
Кам'яне вугілля непромислових пластів	24 458 023	1 627 585
Розсіяна органічна речовина вуглевмісних порід	231 323 500	22 000 000
Усього	277 982 525	24 355 887

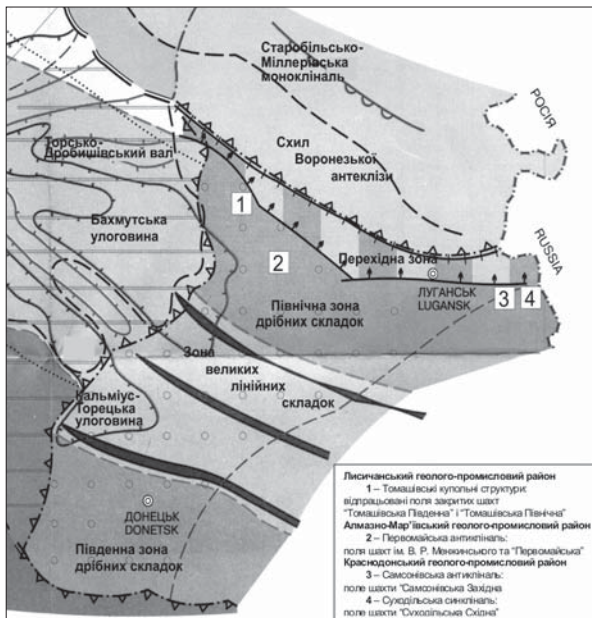


Рис. 1. Перспективні ділянки для видобутку метану у межах газовугільних родовищ Північної зони дрібної складчастості Донбасу [18] (схема тектонічного районування за [23])

Водночас вмісні породи покладів сланцевого газу і газу ущільнених колекторів мають високу міцність, що ускладнює буріння, та низькі емнісно-фільтраційні параметри, що негативно впливає як на розмір покладу, так і на режим та період експлуатації свердловин і родовищ загалом.

Для вуглепородного масиву, в якому значна частина газу може перебувати у вільному і водорозчиненому станах, насамперед у порах і тріщинах породної частини вугленосних відкладів, менш актуальним буде застосування технології гідралічного розриву пластів, тобто заходів з інтенсифікації припливів газу.

Як свідчить досвід, об'єми видобутого метану з глибиною лише зростають, і відповідно зменшуватиметься його собівартість. Слід також мати на увазі, що в деяких геолого-промислових районах Донбасу, зокрема Красноармійському, де немає покладів газу центральнобасейнового типу, сланцевого газу, газу ущільнених колекторів тощо, проблему енергозабезпечення території можна вирішити лише

за допомогою вугілля і метану газовугільних родовищ. Наприклад, на найбільшому в Україні шахтоуправлінні «Покровське» (м. Красноармійськ Донецької обл.) у 2012 р. при відпрацюванні вугільного пласта d_4 , що залягає в інтервалі глибин 650–880 м і характеризується високою природною газоносністю — до 30 м³/т сухої безпопільної маси, завдяки вдалому поєднанню швидкісного буріння свердловин із земної поверхні та їх раціонального розташування відносно очисних вибоїв [2] було видобуто 7,3 млн м³ метану і досягнуто небувалої за всю історію підприємства виробничої потужності — 8,3 млн т (близько 10% загальнодержавного видобутку вугілля!).

Досвід інноваційного спорудження свердловин можна поширити й на інші високопродуктивні шахти України, зокрема в межах геолого-промислових районів Північної зони дрібної складчастості, де розроблені геолого-технологічні критерії прогнозування скупчень метану на ділянках розвідки і шахтних полях (невідпрацьованих і відпрацьованих) [18] стали основою для визначення першочергових для видобутку метану площ і вибору еталонних об'єктів. До останніх віднесено ділянки в межах Томашівських купольних структур (відпрацьовані поля закритих шахт «Томашівська Південна» і «Томашівська Північна»), Первомайської антикліналі (поля шахт ім. В.Р. Менжинського та «Первомайська»), Самсонівської антикліналі (поля шахти «Самсонівська Західна») та Суходільської синкліналі (поля шахти «Суходільська Східна») (рис. 1).

Ці міркування стосуються й вуглепородних комплексів Львівського басейну, як у межах розвитку основних промислових вугільних пластів, так і в перспективі, при переході на глибші горизонти вуглевидобутку. Так, у межах розвитку основних промислових пластів підраховані запаси метану для комплексу вуглевмісних порід (від підшови пласта n_7^H до покрівлі пласта n_8^B) і вугільних пластів для двох шахт Червоноградського вуглепромислового району становлять відповідно 1113 і 548 млн м³ для шахти «Степова» (№ 10 «Великомостівська») та 416 і 168 млн м³ для шахти «Лісова» (№ 6

«Великомостівська»), усього понад 1529 і 2245 млрд м³ [19]. Водночас і пласт v_6 , який залягає у товщі теригенних порід верхньої частини іваничівської світи серпуховського ярусу на 200–250 м нижче від основних промислових пластів, що відпрацьовуються шахтами, характеризується зростанням природної газонасності до 30,0 м³/т сухої безпопільної маси в Тяглівському родовищі [20]. Підраховані прогнозні запаси вуглеводневих газів у вугільних пластах і вуглевмісних породах Тяглівського вугільного родовища Південно-Західного вугленосного району з урахуванням глибокозалеглих пластів v_6 і v_5^4 становлять майже 7,8 млрд м³ [20], а всього Південно-Західного вугленосного району (разом з північною і південною частинами Любельського вугільного родовища) перевищують 9,6 млрд м³ [19].

Загалом запаси і прогнозні ресурси вуглеводневих газів у вугільних пластах верхньої та нижньої вугленосних підформацій Львівсько-Волинського басейну перевищують 18,8 млрд м³, у тому числі нижньої вугленосної підформації — близько 6,9 млрд м³, верхньої вугленосної підформації — порядку 11,9 млрд м³ [21]. Зауважимо, що з урахуванням можливих обсягів метану із ще не оцінених стратиграфічних інтервалів, який оклюдований вуглевмісними породами з розсіяною вуглефікованою речовиною, зокрема пісковиками і вугільними пластами-прошарками непромислового значення, реальна метанонасність може дещо зрости.

Отже, запаси і ресурси метану у вуглепородних масивах Донецького і Львівсько-Волинського басейнів досить великі, а реальний, придатний для вилучення об'єм становить понад 3,0–3,5 трлн м³ [22], що значно перевищує запаси природного газу родовищ України [23]. Наявність значних ресурсів і запасів метану газовугільних родовищ створює передумови промислового видобутку цього одного з найцінніших енергетичних ресурсів надр та інтенсивного розвитку метановидобувної промисловості в Україні. Такий висновок підтверджується й отриманими нами даними про генезис вугільного метану, зокрема в контексті

вирішення фундаментальних питань генезису, міграції та локалізації вуглеводневмісних флюїдів.

Нові підходи до проблеми синтезу і генезису метану газовугільних родовищ

Традиційно в проблемі походження метану газовугільних родовищ переважала точка зору про його утворення з рослинної органічної речовини в процесі метаморфізму (вуглефікації) та перетворення її на вугілля [24]. Підхід до метану вугільних пластів і вмісних порід як до утворення лише біогенного походження — продукту перетворення захороненої органічної речовини осадових верств за спокійних геодинамічних умов у процесі діагенезу (біогенний газ верхньої зони газогенерування, біогенний метан) чи інтенсифікації її структурних змін на відповідних стадіях катагенезу при термодеструкції вмісту порід за зрослих температури й тиску — термобаричний (термогенний) газ — апріорі передбачає, що газовугільні родовища невдовзі вичерпаються, так само як і біогенний метан, тому що вони в такому розумінні належать до практично невідновлюваних джерел.

З іншого боку, наявні нині докази як швидкої генерації і геологічно відповідного формування покладів нафти і газу, так і їх поповнення — природного відновлення в процесі розробки [25], дають підстави для твердження про безумовний зв'язок походження метану з глибинними абіогенними процесами його синтезу в літосфері Землі і важливу роль у поновленні газів глибинних вуглеводневмісних джерел [26, 27]. Це підтверджено встановленням на концептуальних засадах нової теорії синтезу і генезису природних вуглеводнів у літосфері Землі: абіогенно-біогенного дуалізму [26], подвійної абіогенно-біогенної природи вугільного метану [28], особливо на окремих ділянках вугільних пластів, порушених глибинними розломами, причому абіогенна частка домінує і в герметично добре замінералізованому з покрівлі вугільному пласті та новоутворених мінералах і породах має перебувати під ано-

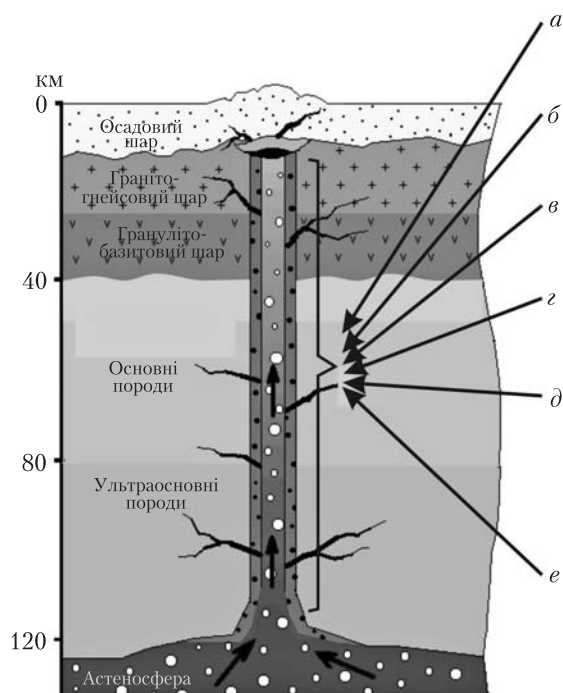


Рис. 2. Принципова схема глибинного мінерало- і вуглеводнегенезу в системі «магма–літосфера» в межах розломних зон літосфери Землі у середовищі глибинного високотемпературного флюїду [26, 27]. Основні чинники: *a* – додаткове потужне адіабатичне стиснення складових флюїду; *b* – утворення мікро- і макротріщин, субмікроредфектів у породах; *v* – виникнення високоелектромагнітного поля; *г* – поява окисно-відновного реакційного середовища в розломі-трубці; *д* – синтез вуглеводнів і утворення нафтогазових покладів; *e* – формування прожилково-вкрапленої мінералізації в породах. Стрілками показано напрям міграції глибинного високотемпературного флюїду в розломних зонах літосфери Землі

мально високим тиском [29] з переважанням абіогенної складової [28], і раніше невідомої властивості абіогенного метановмісного високотемпературного флюїду розкласти органічні рештки по вугільному ряду з утворенням вугільних пластів [30].

Водночас у зближенні положень неорганічної та осадово-міграційної гіпотез походження нафти і газу розглядається й варіант змішаного органічно-мінерального синтезу вуглеводнів (подвійний генезис) [31]. На підставі цього можна говорити про стале, практично

невичерпне джерело вуглеводневої сировини, оскільки синтез вуглеводнів, зокрема метану, в надрах – високоенергетичному природному фізико-хімічному реакторі [32] – здійснюється безперервно (рис. 2), тобто в геологічному літочисленні безмежно (!). Поповненню ресурсів метану у вуглепородних масивах газувугільних родовищ сприяла його міграція у складі глибинних вуглеводневмісних флюїдів зонами підвищеної флюїдопроникності у субвертикальних геофлюїдодинамічних структурах [33]. Потужне глибинне джерело енергії та вихідних речовин і визначає еволюцію глибинних флюїдів та умови формування мінералів і порід більшості цінних корисних копалин у літосфері Землі (рис. 3) [27].

При цьому зауважимо, що, завдяки високій міграційній здатності метану, зумовленій малим діаметром, слабо вираженими сорбційними властивостями, низьким коефіцієнтом внутрішнього тертя та високою кінетичною енергією молекули цього газу (порівняно з іншими вуглеводнями), яка посилювалася в результаті проявів інтенсивної інверсної тектоніки, за тривалий геологічний час (понад 300 млн років) значна частина метану ($\approx 90\%$), утвореного в процесі повільного опускання басейну, зазнала дифузії-міграції на донну поверхню у складі мігрувальних флюїдів. Лише частково цей відтік може бути компенсований газами, генерованими органічною речовиною на сучасному (післяінверсійному) етапі чи у процесі газодинамічних явищ, завдяки енергії тектоно-сейсмічних рухів і процесів у масиві, що викликані техногенним впливом [34]. За таких умов постійне поповнення і збереження ресурсів метану в надрах завдяки формуванню в межах газувугільних родовищ нових чи поновлення наявних покладів можливе лише через приплив вуглеводнів з глибинних абіогенних джерел.

Наведені факти спростовують твердження про те, що метан у вугільних пластах і вуглеводневмісних породах має винятково біогенне походження, і, корегуючи та доповнюючи ці традиційні погляди, обґрунтовують безпосередній зв'язок метану з глибинними абіогенними

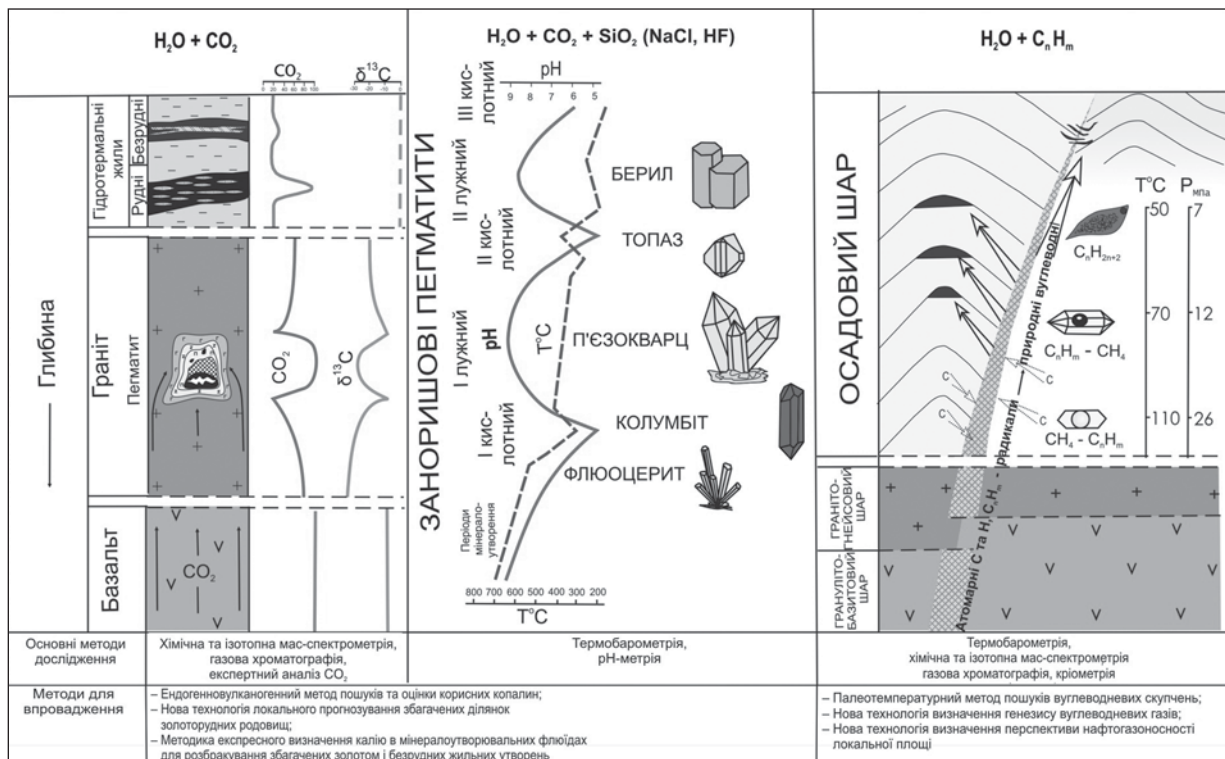


Рис. 3. Модель еволюції глибинних флюїдів (за включеннями у мінералах) [27]

процесами, які сприяють процесам міграції флюїдів і генеруванню вуглеводнів, зокрема й метану, і за іншими найновішими моделями, наприклад [35].

Отже, наші уявлення [36] принципово відрізняються як від панівних нині теорій: абіогенної (магматично-неорганічної), що передбачає міграцію готових (синтезованих) вуглеводнів з мантиї Землі у пастки – породи-колектори (М. Кудрявцев, П. Кропоткін, В. Порфир'єв, Г. Доленко, Е. Чекалюк); осадово-неорганічної – приплив у породи ювенільного водню та його взаємодія з осадовим (хемогенним чи навіть органогенним) вуглецем (І. Чебаненко); органічної (осадово-міграційної) – формування вуглеводнів у вигляді первинної нафти (протонафти, мікронафти) у нафтоматеринському шарі чи пласті-генераторі водню і пласті-носії вихідного (нафтоматеринського) вуглецю (М. Вассоевич, О. Трофимук), так і від інших концепцій генезису природних вуглеводнів та формування їх родовищ (по-

кладів) у земній корі, таких як рециклінгу (Х. Хедберг, О. Ушаков, В. Фединський, О. Сорохтін), геолого-геохімічна (Г. Доленко), гібридна (Л. Анісімов), геодинамічна (мікст-генетична, полігенна) (В. Гаврилов), геосинергетична концепція природних вуглеводнево-генерувальних систем (О. Лукін), полігенезу нафти і газу (А. Дмитрієвський) та ін.

Висновки

Матеріали цього огляду свідчать про те, що в сучасних умовах розвиток і стабільне функціонування паливно-енергетичного комплексу України нагально потребують забезпечення додатковими обсягами вуглеводневої сировини. Цьому, зокрема, може сприяти зростання видобутку метану з газувугільних родовищ, що стане гідним вагомим додатком до горючих корисних копалин – як традиційних вуглеводнів, так і газу центральнобасейнового типу, сланцевого газу, газу ущільнених колекторів тощо.

Саме комплексний підхід до метану вуглепородного масиву (вугільні пласти і вуглевмісні породи) як до потужного додаткового джерела вуглеводнів реалізує його переваги над іншими газоподібними горючими копалинами, бо за сучасних складних геополітичних передумов така стратегічна сировина, як викопне вугілля, у частині інтенсифікації видобутку, зниження собівартості та підвищення якості збагачення ще певний час переважатиме в Україні над іншими копалинами.

Висловлені міркування набувають особливої ваги при обґрунтуванні основ геотехнологій видобутку метану методом активного впливу на стан вуглепородних масивів способом швидкісного буріння свердловин з метою комплексного освоєння газовугільних родовищ України. Оскільки не існує альтернативи збільшенню власного вуглевидобутку, то немає альтернативи й видобутку метану, тому впровадження потокових технологій буріння свердловин, власне, якраз і передбачатиме ви-

користання метану вугільних пластів і вмісних порід при одночасному рентабельному видобутку вугілля й метану [2].

Комплексне освоєння власних газовугільних родовищ є тим напрямом, який дає потужний поштовх розвитку національної економіки і оперативно вирішує низку екологічних і соціальних проблем на державному рівні, а також сприяє різкому зменшенню імпортованих енергетичних ресурсів. За таких передумов видобуток шахтного метану планується здійснювати синхронно з інтенсивним відпрацюванням очисних вибоїв. Це забезпечить одночасний рентабельний видобуток метану і вугілля завдяки впровадженню потокових технологій буріння свердловин із земної поверхні без збільшення екологічних ризиків порівняно з уже наявними при вуглевидобутку і створить підґрунтя для енергетичної і, відповідно, економічної незалежності України, а відтак, сприятиме унезалеженню держави від закордонних енергоносіїв і стабілізації її паливно-енергетичної галузі.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Булат А.Ф. О фундаментальных проблемах разработки угольных месторождений. *Уголь Украины*. 1997. № 1. С. 14–17.
2. Мойсишин В.М., Наумко І.М., Пилипець В.І. та ін. *Комплексне освоєння газовугільних родовищ на основі потокових технологій буріння свердловин*. К.: Наук. думка, 2013.
3. Зейкан О., Гладун В., Чепіль П., Максимчук П. Перспективи нарощування геолого-розвідувальних робіт національною акціонерною компанією «Нафтогаз України» до 2015 року. *Геологія і геохімія горючих копалин*. 2011. № 1–2. С. 59–62.
4. Кабышев Ю., Вакарчук С., Стрыжак В. и др. Современное состояние исследований газа центральнобассейнового типа в Днепровско-Донецкой впадине. *Геолог України*. 2011. № 2. С. 120–124.
5. Ставицький Е.А., Голуб П.С. Результати комплексних досліджень та обґрунтування перспективних зон і полігонів для пошуків сланцевого газу. *Мінеральні ресурси України*. 2011. № 2. С. 4–12.
6. Лукин А.Е. Сланцевый газ и перспективы его добычи в Украине. Ч. 1. *Геол. журн*. 2010. № 3. С. 17–32; Ч. 2. *Геол. журн*. 2010. № 4. С. 7–23.
7. Kurovets I., Drygant D., Naumko I., Kurovets S., Koltun Yu. Geological and physical-chemical characteristics of Lower Paleozoic deposits of Volhyno-Podillya, Western Ukraine. *Geological and hydrogeological studies of the Polish-Ukrainian borderland: Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego*. Warszawa: Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, 2012. N 449. P. 119–130.
8. Poprava P. Potencjał występowania złóż gazu ziemnego w łupkach dolnego paleozoiku w basenie bałtyckim i lubelsko-podlaskim. *Przegląd Geol.* 2009. 58(3): 226–249.
9. Наумко І.М., Куровець І.М., Куровець С.С., Сахно Б.Е., Чепусенко П.С. Леткі компоненти флюїдних включень у мінералах і закритих пор порід перспективно сланцевогазоносних комплексів палеозою Волино-Поділля. *Доп. НАН України*. 2013. № 11. С. 116–123.
10. Харкевич В., Місюра Я. Видобуток сланцевого газу на Олеській ділянці — загроза якості питних прісних і мінеральних підземних вод. *Вісн. Львів. ун-ту*. Сер. геол. 2011. Вип. 25. С. 88–104.
11. Назаревич Л.Є. Сейсмічність Олеської площі: екологічні аспекти. *Геодинаміка*. 2013. № 2. С. 250–252.

12. Філіпович В.Є., Кудряшов О.І. Сланцевый газ: уроки польского опыта и что необходимо учесть при помощи данных ДДЗ на Олеской площади в Западной Украине. *Нафта і газ України – 2013*: матер. ІХ міжнар. наук.-практ. конф. (4–6 вересня 2013, Яремча–Київ). Львів: Центр Європи, 2013. С. 172–174.
13. Шестопалов А.В. Стратегема или почему не у всех получается добывать метан и нефть из нетрадиционных источников. *Нетрадиционные ресурсы углеводородов: распространение, генезис, прогнозы, перспективы освоения*: матер. Всеросс. конф. с междунар. участием (12–14 ноября 2013, Москва). М.: ГЕОС, 2013. С. 285–289.
14. Куровець І.М., Крупський Ю.З., Наумо І.М., Чепіль П.М., Шлапінський В.Є. Перспективи пошуків покладів вуглеводнів у відкладах олігоцену зони Кросно (Українські Карпати). *Геодинаміка*. 2011. № 2. С. 144–146.
15. Узіюк В.І., Бик С.І., Гльчишин А.В. Газогенераційний потенціал кам'яновугільних басейнів України. *Геологія і геохімія горючих копалин*. 2001. № 2. С. 110–121.
16. Пудак В.В., Конарев В.В., Алексеев А.Д., Брижанев А.М. Исследование, разработка технологии и промышленное использование метана углегазовых месторождений Донбасса. *Уголь Украины*. 1996. № 10–11. С. 68–71.
17. Рудько Г., Ловинюков В., Григіль В. Перспективи видобутку вуглеводневої сировини нетрадиційного типу в Україні. *Геолог України*. 2013. № 3. С. 101–106.
18. Павлюк М., Наумо І., Рибчич І., Сморок В., Бик С., Зінчук І., Булат А., Баранов В., Лукинов В., Крамаренко А., Задара Г., Овчаренко В. Геолого-технологічні передумови виділення першочергових об'єктів з видобутку метану в межах північної зони дрібної складчастості Донбасу. *Геологія і геохімія горючих копалин*. 2006. № 3–4. С. 38–57.
19. Явний П., Бучинська І. Оцінка метаносності вугленосної товщі Львівсько-Волинського басейну. *Геологія і геохімія горючих копалин*. 2012. № 3–4. С. 17–28.
20. Сокоренко С., Костик І., Узіюк В. Перспективи промислової газосності вуглевмісних порід Тягівського родовища кам'яного вугілля Львівсько-Волинського басейну. *Геологія і геохімія горючих копалин*. 2007. № 2. С. 34–45.
21. Костик І., Матрофайло М., Король М. Перспективи сучасної природної газосності вугільних пластів глибоких горизонтів Львівсько-Волинського басейну. *Геолог України*. 2013. № 3. С. 50–59.
22. Михайлов В.А., Зейкан О.Ю., Коваль А.М. та ін. *Нетрадиційні джерела вуглеводнів України*. Кн. VII. Метан вугільних родовищ, газогідрати, імпакті структури і накладені западини Українського щита. К.: Ніка-Центр, 2013.
23. *Атлас родовищ нафти і газу України*: в 6 т. (за заг. ред. М.М. Іванюти, В.О. Федішина, Б.І. Денегі та ін.). Львів: Центр Європи, 1998.
24. Забигаїло В.Е., Широков А.З. *Проблеми геології газів угольних месторождений*. К.: Наук. думка, 1972.
25. Соколов В.А., Гусева А.Н. О возможной быстрой современной генерации нефти и газа. *Вестн. МГУ*. Сер. 4. Геология. 1993. № 3. С. 39–46.
26. Сворень Й.М., Наумо І.М. Нова теорія синтезу і генезису природних вуглеводнів: абіогенно-біогенний дуалізм. *Доп. НАН України*. 2006. № 2. С. 111–116.
27. Наумо І.М. *Флюїдний режим мінералогенезу породно-рудних комплексів України (за включеннями у мінералах типовой парагенезисів)*: автореф. дис. ... д-ра геол. наук. Львів, 2006.
28. Svoren' Y. Nature of coal methane. In: Proc. 7th European Coal Conference (26–29 Aug. 2008, Lviv, Ukraine). P. 158–159.
29. Чекалюк Э.Б. Предельные давления генерации угольных газов в процессе метаморфизма углей. *Геология и геохимия горючих ископаемых*. 1990. Вып. 74. С. 1–4.
30. Сворень Й.М., Наумо І.М. Термобарометрія і геохімія газів прожилково-вкрапленої мінералізації у відкладах нафтогазоносних областей і металогенічних провінцій: фізико-хімічна модель формування вугільних пластів. *Доп. НАН України*. 2009. № 11. С. 116–120.
31. Павлюк М.І., Варичев С.А., Ризун Б.П. Новые представления о генезисе нефти и газа и формировании нефтегазоносных провинций. В кн.: *Генезис нефти и газа*. М.: ГЕОС, 2003. С. 441–442.
32. Сворень Й.М., Наумо І.М. Надра Землі – природний фізико-хімічний реактор. *Доп. НАН України*. 2009. № 9. С. 138–143.
33. Павлюк М.І., Наумо І.М. Флюїдопровідні розломні зони як показник міграційних процесів у вуглепородних масивах і нафтогазоносних верствах та їхня фіксація термобарично-геохімічними методами. *Наук. праці УкрНДМІ*. Донецьк: УкрНДМІ, 2009. № 5 (ч. II). С. 114–121.
34. Булат А.Ф., Лукинов В.В., Пимоненко Л.І. и др. *Геологические основы и методы прогноза выбросоопасности угля, пород и газа*. Днепропетровск: Монолит, 2012.

35. Павлюк М., Наушко І., Макітра Р., Брик Д. Про ймовірну модель утворення природних вуглеводнів у літосфері Землі. *Геологія і геохімія горючих копалин*. 2012. № 1–2. С. 110–116.
36. Наушко І., Сворень Й. Новий підхід до вирішення проблеми синтезу і генезису метану газовугільних родовищ. *Роль вищих навчальних закладів у розвитку геології*: матер. міжнар. наук. конф. (31 березня – 3 квітня 2014, Київ). К., 2014. Ч. I. С. 60–61.

Стаття надійшла 20.11.2014.

И.М. Наушко, М.И. Павлюк, И.М. Сворень, Н.И. Зубик

Институт геологии и геохимии горючих ископаемых НАН Украины
ул. Наукова, 3-а, Львов, 79060, Украина

МЕТАН ГАЗОУГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ – МОЩНЫЙ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ ИСТОЧНИК УГЛЕВОДОРОДОВ В УКРАИНЕ

Рассматривается значение метана угольных залежей в качестве мощного дополнительного источника энергии, его ключевая роль в наращивании топливно-энергетического потенциала Украины. На основе новой физико-химической модели глубинного минерало- и углеводородогенеза в литосфере Земли обоснован преимущественно абиогенный генезис метана, что указывает на практически неисчерпаемый источник этого вида углеводородного сырья. Это имеет особое значение в решении фундаментальных вопросов генезиса, миграции и локализации углеродсодержащих флюидов, в частности, при формировании газо(метано)угольных месторождений, комплексное освоение которых с синхронной рентабельной добычей метана и угля создает предпосылки для интенсивного развития метанодобывающей промышленности в Украине.

Ключевые слова: метан, угольные залежи, газо(метано)угольные месторождения, углеводородогенез, физико-химический реактор, литосфера.

I.M. Naumko, M.I. Pavlyuk, Yu.M. Svoren, M.I. Zubyk

Institute of Geology and Geochemistry of Combustible Minerals
of National Academy of Science of Ukraine
3-a Naukova St., Lviv, 79060, Ukraine

METHANE OF GAS-COAL FIELDS – POWERFUL ADDITIONAL SOURCE OF HYDROCARBONS IN UKRAINE

In this paper we have demonstrated the important role of coalbed methane in stepping up the fuel-power potential of Ukraine. Its significance is considered at the present stage as a powerful additional source of energy side by side with hydrocarbons of conventional and unconventional (basin-centered tight gas, “shale” gas, tight gas etc.) sources that comes up, first of all, from uncertainty of the distribution and the correlation of all possible factors of the risk while extracting other fuel minerals and from the availability of considerable resources and reserves of methane in the gas-coal fields. On the basis of new physico-chemical model of the deep mineral- and hydrocarbon-genesis in the lithosphere of the Earth it was possible to substantiate mainly abiogenic genesis of methane that indicates practically inexhaustible source of this kind hydrocarbon raw material, because synthesis of hydrocarbons, methane in particular, in the bowels of the Earth, a high-power natural physico-chemical reactor, can occur in the geological chronology endlessly (!) that refuted the affirmation about only biogenic origin of coalbed methane and methane of coal-containing rocks which a priori foresees its exhaustion. That acquires great significance for solving basic problems of genesis, migration and localization of hydrocarbon-containing fluids, in particular while forming gas(methane)-coal fields, the complex development of which with a synchronous profitable methane and coal production will create prerequisite for the intensive development of the methane-mining industry in Ukraine.

Keywords: methane, coal deposits, gas(methane)-coal fields, hydrocarbon-genesis, physico-chemical reactor, lithosphere.