

Канд. геол. - мінерал. наук Г.Д. Лепігов (УкрДГРІ),  
перший заступник Голови  
Державної Геологічної служби України С.І. Орлів,  
д-р геол. - мінерал. наук В.М. Гулій (УкрДГРІ)

## **ГЕОЛОГІЧНА МОДЕЛЬ ПЕРЕДУМОВ КОНЦЕНТРАЦІЇ ГЛИБИННОГО МЕТАНУ У ВУГЛЕНОСНИХ ТОВЩАХ**

Настоящая статья базируется на проведенном анализе проблемы происхождения метана в угленосных толщах, что определяет возможности его утилизации и создания безопасных условий для подземных горных работ на глубоких горизонтах. Показано, что традиционные представления о конечных объемах метана, заключенного в пластах углей, в настоящее время требует пересмотра, ибо существуют доказательства его глубинного происхождения и дополнительного притока. Рассмотрена геологическая модель возможного формирования концентраций метана с привлечением понятия об ореолах.

## **GEOLOGICAL MODEL DEPT METHANE CONCENTRATION IN COAL BEARING SEQUENCES**

Analysis of problems of methane origin in coal bearing sequences is given in this article. These problems determine possibility utilization of the methane and creation of safety conditions during mining of coal at the dept levels of underground mining. It is shown that previous idea about limited volumes of methane in coal bodies needs in improving because there are evidences on dept origin of methane and permanent addition. Geological model on possible origin and migration of methane is presented here.

На сьогодні очевидним є те, що в Україні лише вугілля може на довгі роки стати постійним джерелом енергетичних ресурсів та гарантом безпеки країни, нейтралізуючи зовнішні політичні та економічні чинники зацікавлених в децентралізації України держав, які діють за допомогою паливно-сировинних важелів. Багаторічне затягування вирішення майбутнього вугільної галузі привело до значних матеріальних та ресурсних втрат і відрадно, що зараз вже кілька урядів займають тверду позицію підтримки і розвитку цієї галузі.

Великим і значущим джерелом енергії, яке на сьогодні використовується вкрай незадовільно є метан, що зосереджений в вугленосних товщах. Попри слабку вивченість характеру розподілу метану в окремих регіонах та його приуроченість до певних типів порід та колекторів і структур, уже на сьогодні існують великі зрушення в цій галузі. З однієї сторони відомі численні форуми безпосередньо в Україні, які показали наявність метану в промислових кількостях в Донбасі та у Львівсько-Волинському кам'яновугільному басейні, розроблені технології промислового вилучення метану, продемонстровано можливості розгортання технічних засобів для його уловлювання та доочистки, наявність кваліфікованих спеціалістів, які могли налагодити справу вилучення метану з місць його локалізації, враховуючи світовий досвід.

Враховуючи це, слід очікувати, що саме за рахунок метану можливе збільшення видобутку газу як доповнення до традиційних джерел природного газу. Реалізація проектів з видобутку шахтного метану в Україні не тільки дозволить зменшити його виділення в атмосферу вугільними підприємствами і скоротити

кількість аварій, травм і загибелі на виробництві у вугільній промисловості, але і забезпечить країну високоякісним і екологічно чистим енергоносієм.

Разом з тим, в цій царині відомі численні проблеми пов'язані з підвищенням ризику розробки вугілля на глибоких горизонтах зумовленого вибухами газу в результаті раптових і не прогнозованих викидів метану у виробки. Такі явища мають негативний вплив не тільки на процес видобування вугілля, але і на можливе налагодження промислового вилучення метану як під час випереджувальної дегазації окремих вугленосних блоків, так і під час власне вуглевидобування.

Існуюча на сьогодні стратегія боротьби з раптовими викидами метану у вугільних шахтах, забезпечення контролю за його поведінкою та можливостями його утилізації базується на ідеї про утворення метану за рахунок органічних решток зосереджених у вугленосних товщах і їх трансформації при метаморфізмі. Використовуючи оцінки наявного органічного матеріалу в таких товщах багато дослідників провели розрахунки можливого ресурсного потенціалу метану в Донбасі, який сягає кількох трильйонів кубічних метрів за оптимістичним оцінками або ж сотень мільярдів за більш обережними висновками.

Загальні ж оцінки використання ідеї про місцеве походження метану та його обмежені об'єми зосереджені у вугленосних товщах для створення безпечного процесу шахтного видобування вугілля можна зробити базуючись на кількості трагічних наслідків підземної розробки родовищ вугілля. Не зважаючи на тривалу історію підземного вуглевидобування і десятиріч набування досвіду при проходженні глибоких горизонтів, на сьогодні статистика аварій з катастрофічними наслідками показує, що прогресу в цій сфері немає. Відомі оцінки досягнень безпеки вуглевидобування, що, на жаль, засновані на кількості жертв на певний об'єм видобутого вугілля, мають стійкі тенденції до зростання, попри технічне вдосконалення і прогрес в технологіях видобутку вугілля.

Разом з тим, як показує аналіз цього становища і пошук нових шляхів для вдосконалення прогнозу вибухонебезпечних ситуацій, основна ідея про місцеве походження метану і обмеження його об'ємів вступає в протиріччя з численними фактами, які відомі не лише в Донбасі, а і в інших вугленосних басейнах. Це свідчить про загальні закономірності походження, шляхи міграції та можливості концентрації метанових покладів у вугленосних товщах.

Зокрема, широко відомі факти просторового суміщення вугленосних товщ і газових покладів, включаючи промислові об'єкти. Наприклад, в Львівсько-Волинському басейні об'єкти розвідки газових покладів розташовані безпосередньо в контурах басейну.

Безпосередньо в підземних гірничих виробках відомі і прояви нафти. Зокрема, такі є звичним в вугільних шахтах Далекого Сходу РФ [10], Японії [6], Воркутинському басейні [4]. Відомі такі явища і в Кузбасі, і в Донбасі, і низці інших вугільних басейнів, але і названих достатньо для висновку, що це загальне явище, властиве більшості, якщо не всім, вугленосним товщам. Слід додати, що нафтові та газові прояви власне у вугленосних товщах супроводжуються і наявністю бітумів різного складу та стадій перетворення. Природа газів та нафти

при цьому визначається переважно, як глибинні, утворені при міграції їх з глибин по ослаблених зонах та розломах.

Ідеї про місцеве походження метану суперечать також дані про відновлення родовищ нафти та газу з часом, або їх поява через деякий час в структурах які вважались безперспективними. Такі випадки також мають широке регіональне розповсюдження – від Мексиканської затоки до близького нам Шебелинського родовища [8, 11], де спостерігаються притоки вуглеводні в масштабах які співрозмірні з масштабами їх вилучення. Практичним наслідком уже на сьогодні цих фактів є перегляд підрахованих раніше і затверджених в ДКЗ України запасів нафти і газу [14].

Детальні геохімічні дослідження складу газів, ізотопного складу вуглецю в метані у випадку, коли вони проводяться не по усереднених пробах, а по певних глибинних рівнях, показують закономірні тенденції їх варіацій, з очевидним свідченнями глибинних джерел притоку метану у вугленосні товщі.

Технічні вимоги до безпеки розробки вугільних пластів не стали на заводі численним не прогнозованим викидам метану у виробки, навіть там, де уже була проведена дегазація і зниження до безпечних рівнів вмістів газу.

До перерахованих можна було б додати і інші факти, які не відповідають існуючим на сьогодні основним поглядам про походження метану, але і цього достатньо, щоб показати такі протиріччя. Більше того, враховуючи згадане вище мірило ефективності засобів для забезпечення безаварійності необхідно визнати неефективність таких поглядів.

Донбас в економіці України має важливу роль, це основна енергетична база, і складова частина металургійного комплексу, але в останні роки, ще і постійне джерело тривоги і турботи державних діячів через збільшення аварій в вугільних шахтах. Вибухи і пожежі, які супроводжуються загибеллю людей, почастишали в загрозливих кількостях по мірі заглиблення шахт, які досягли рекордних відміток в 1000 м і більше. Міри по дегазації шахт, загалом потрібні і необхідні, передбачуються в багаточисельних цільових програмах. Можна перерахувати висновки цілої низки державних комісій, в яких основний напрямок робиться на недотримання шахтарями техніки безпеки і недостатню профілактичну дегазацію, прийнявши їх за головні причини аварій. Але залишається ще одна, можливо вирішальна причина поступлення газу в виробки – міграція його із глибинних джерел. Цим джерелом може бути родовище (або група родовищ) газу гігантських розмірів в низах вугленосної товщі. Теоретичні передумови існування цього положення і викладені нижче.

Основні теоретичні уявлення про формування газового ореолу зводяться до чотирьох положень:

1. Вуглеводні в промислових концентраціях абіогенного генезису.
2. Скупчення вугілля в верхах розрізу гігантських родовищ – складова частина ореолу.
3. Утворення промислових концентрацій вуглеводнів відбувається в результаті їх пульсаційного різночасового упровадження із глибинних осередків. Допускається регенерація запасів раніше утворених покладів.

#### 4. Ореол має зональну будову.

Гігантські родовища газу приурочені до зон глибинних розломів на платформах і в межах їх складчастої облямівки. Вони локалізовані в куполоподібних підняттях, площа яких сягає сотні і тисячі км<sup>2</sup>. На цих площах виявляються один або декілька крупних газових, конденсатних і, рідше, нафтових покладів, які розташовані в декілька поверхів. Глибини залягання газових покладів в низах розрізу сягають 5000 м і більше.

Процеси формування гігантських родовищ, в тому числі газових, за нашими уявленнями більш обґрунтовано вдається пояснити з позицій уявлень про неорганічне (абіогенне) походження нафти і газу. Це стосується таких питань, як само існування великих концентрацій газу при великих потужностях газозміщуючих порід, відрив розсіяних вуглеводнів від припустимо нафтоматеринської породи, фактична незалежність газових покладів від віку порід. Згідно уявлень всіх без винятку дослідників, які розвивають у своїх роботах абіогенну гіпотезу, існує глибинне (мантійне або корове) джерело генерації вуглеводнів в умовах високої температури. Існування при цьому високого тиску визнається більшістю дослідників [2, 5]. Саме висока температура обумовила газовий стан скупчення вуглеводнів в глибинних осередках, в яких допускається існування, наразі з воднем, гелієм, азотом, ртуттю, сіркою і вільного вуглецю.

Утворення вуглеводнів та їх первинна концентрація відбувається за рахунок групи радикалів  $\text{CH}$ ,  $\text{CH}_2$ ,  $\text{CH}_3$  на деякій віддалі від джерела речовини, в так званій зоні концентрації, де при пониженні температури і тиску вони переходять в метан і інші вуглеводні [2, 5]. Вище по розрізу, в зонах глибинних розломів утворюються газові пастки – основні поклади гігантських родовищ. Надходження вуглеводнів у шари, що залягають вище, передбачається в основному у вигляді пульсацій (стрибокподібних струменевих пропусків) в більш пізній час, в періоди тектонічної активності [2], хоча не виключається і вертикальна міграція з глибинних осередків по тріщинах в породах покрівлі [5]. В результаті можуть формуватися поверхи різновікових пасток в межах зони втілення вуглеводнів. Утворення вуглеводнів, переважно метану, відбувалося в верхніх горизонтах осередків, поширення яких контролюється глибинними розломами. В подальшому ці горизонти потрібно розглядати як зону первинної концентрації газу.

Газові родовища, як і всі родовища взагалі, мають ореол. Він відрізняється значними розмірами, в його складі виділяються змінні породи з розсіяними вуглеводнями. Велика кількість газу в зоні його концентрації і в покладах гігантських родовищ призводить до утворення ореолу, потужність якого в декілька раз перевищує потужність газових покладів, включаючи і розташування їх в кількох поверхах. За аналогією з зонами ореолів в рудних родовищах, кількість розсіяних вуглеводнів може в декілька разів перевищувати кількість їх в промислових покладах при концентрації до двох порядків нижчої. Ореол зазвичай розповсюджений над зоною первинної концентрації і основного газового покладу. Фактично він є результатом термічної переробки порід покрівлі при міграції у неї деякої кількості газів. Всі типи порід покрівлі при цьому піддалися зміні мінерального

складу, що особливо помітно в глинистих породах, які містять органічні (рослинні рештки). Форма ореолу в розрізі є грибоподібною.

Формування вугілля в ореолі з органічних решток відбувається в інтервалі температур 300 – 75 °С. Цей процес добре розроблений прихильниками біогенної гіпотези як метаморфізм останніх з виділенням вуглеводнів різних фаз при екзотермічних реакціях. Але ці ж реакції можуть проходити і як зворотні при сильному прогріві товщі з газового осередку і привнесенні вуглеводнів, в результаті чого можуть утворюватись всі відомі різновиди вугілля – від антрацитів поблизу осередку до бурих (марка Б<sub>3</sub>) в верхах розрізу ореолу.

Первинний ореол родовища складений із трьох зон (знизу вверх):

#### 1. Зона газу.

Склад метановий. Температура > 200 °С, присутні важкі ізотопи Н, Не, N, Hg. Співвідношення важких і легких ізотопів приблизно відповідає вулканічним газам. В верхній частині зони існує підзона концентрації газу (при підвищеному тиску і температурі).

#### 2. Зона вугілля.

Вуглефікація порід з утворенням антрациту в низах розрізу покрівлі зони концентрації газу, формування скупчень сухого вугілля, що поступово переходить в жирне вугілля вверх по розрізу. Характерне, так зване, „ртутоносне” вугілля. В вугіллі співвідношення <sup>12</sup>С: <sup>13</sup>С → 99,0 %. Співвідношення <sup>1</sup>НД характерне для гарячих джерел (~8300). Поширені важкі ізотопи Не, N, S, але в менших кількостях, ніж в газі зони концентрації. Локальні концентрації газу і нафти в пастках. Потужність порід зони вугілля в 5 - 6 раз більша, ніж потужність зони концентрації газу – до декількох км. Кількість розсіяної речовини (газу і його складових) менша від його кількості в зоні концентрації більше ніж на два порядки.

#### 3. Зона бітумів.

Вміст бітумів у вугіллі поступово підвищується. Максимальна концентрація ртуті – до утворення самостійних родовищ. Співвідношення <sup>12</sup>С: <sup>13</sup>С в бітумах ~ 90 - 91. В ізотопному складі бітумів переважають легкі ізотопи N, S, Hg. Потужність зони ~ 1000 - 1500 м.

Вторинний ореол родовища виникає, коли відбуваються наступні після формування первинного ореолу пульсації (впровадження) мас вуглеводнів. Породи первинного ореолу піддаються подальшій (іноді в декілька стадій) переробці – хімічної і фізичної (під впливом високих температур і тиску).

В загальному вигляді представляється, що переробляється потужна вугленосна товща, яка на деяких площах включає в себе вугільні родовища. Тоді своєрідний „язик” впровадження вуглеводнів буде мати власну зональну будову:

а) нижня, глибинна частина – газ метанового складу з важкими ізотопами С, Hg, Не, Н – близький за складом до газу підзони концентрації.

б) середня частина – „легка” нафта, нафтогазові скупчення;

в) верхня частина – перехід до тяжкої нафти в зоні бітумів. Ореол „язика” представлений в цьому випадку ртутоносним вугіллям. В результаті в зоні бітумів первинного ореолу виникають родовища ртуті і бітумів складного складу, часто з прямими ознаками нафти.

Вугільні пласти в Донбасі складають незначну частину осадової товщі – коефіцієнт вугленості окремих стратиграфічних підрозділів карбону знаходиться загалом в межах 0,5 - 3,0, рідше – до 4,5 % [1]. В низах розрізу знаходяться антрацити, вище залягають пісне і коксове вугілля, а в верхах розрізу – газові, довгополуменеві і щільні блискучі бурі його різновиди. При цьому часто спостерігаються дрібні накопичення твердих бітумів в зоні окислення вугілля.

Кількість вугілля в Донбасі, яке ідентифікується з первинним ореолом – 75 млрд. т в підрахованих запасах – відповідає 83 трлн. м<sup>3</sup> метану (при масі 1 м<sup>3</sup> 0,7166 кг метану [2], середнім вмісті попелу і сірки вугілля 20 %). Ця кількість підрахованого розсіяного метану в первинному ореолі говорить про те, що кількість газу в зоні концентрації і в основному покладі може в період його утворення досягати 20 – 25 трлн. м<sup>3</sup>.

Породи вугленосної товщі карбону в Донбасі, загальна потужність яких досягає 12 км, зім'яті в систему складок, ускладнених численними різноамплітудними розломами. Інтенсивні тектонічні рухи відбувались з кінця палеозою до крейди, з меншою інтенсивністю – до неогену включно [13]. Тому не слід очікувати збереження початково головного газового покладу і вище розташованих більш дрібних, синхронних з утворенням первинного ореолу. Разом з тим, теоретично передбачені пізніші пульсації залишають надію на виявлення пов'язаних з ними промислових покладів вуглеводнів.

Пульсації газів в первинний ореол, розміри яких могли бути значними, відбувались скоріш за все в мезокайнозой - час, з якими пов'язані фази нафтідогенезу в Дніпровсько-Донецькій западині [12]. На площі первинного ореолу (приблизно 25 тис. км<sup>2</sup>) в різний час можуть утворюватись декілька газових колон з покладами вуглеводнів і вторинними ореолами. Прикладом подібної колони можуть бути газонафтові поклади в південній частині гігантського родовища Пенхендл-Х'югтон, розташовані вище основного газового покладу [3, 12]. Велика кількість пісковиків і карбонатних порід в Донбасі, тріщинуватих і пористих, безсумнівно сприяли утворенню різноманітних пасток.

Численні дані свідчать про існування багатьох локальних купольних структур. Це також є сприятливим фактором для концентрації вуглеводнів. Припускається, що в межах газової колони може існувати декілька зон: нижня – газова, середня – газоконденсатна, верхня – газопо-нафтова. Висота газових колон може досягати декількох кілометрів, відповідно поклади їх верхніх зон можуть виявлятися на глибинах 2 - 3 км. Вторинний ореол, газової колони, формуючись, ще більше змінює склад вміщуючої вугільної товщі. Для нього в Донбасі характерні додаткові концентрації розсіяних вуглеводнів у вигляді твердих бітумів, аномалії і прояви ртуті, аж до формування „ртутного вугілля” [9]. Площі розвитку ореолів і газових колон на різних зрізах можуть складати декілька сотень км<sup>2</sup>, а очікувані запаси газу досягати розмірів гігантського родовища.

Верхня частина газової колони при певному рівні ерозійного зрізу може знаходитись в зоні вивітрювання вугілля. Там проходять відомі процеси дегазації вугілля і виділення метану, з яким борються в шахтах. Прориви основних

мас газу при цьому проходять при процесах руйнування пасток колони і міграції вуглеводнів в породи вторинного ореолу.

### Висновки

Традиційні на сьогодні уявлення про біогенне походження вуглеводнів у вугільних родовищах Донбасу суперечать цілій низці фактів, які свідчать про постійні притоки газів, а в деяких випадках і нафти, у верхні горизонти товщі.

Існуючі погляди на генезис і шляхи міграції метану у вугільних родовищах передбачають граничні його об'єми, а отже і можливість одноразової ліквідації його у виробках для забезпечення безаварійності шахт.

Проведені нами дослідження дозволяють прогнозувати виявлення гігантського газового родовища в розрізі вугленосної товщі Донбасу. Джерелом його є глибинний газовий осередок.

Геологічна модель існування газового родовища і міграція з нього метану у вугленосній товщі Донбасу базується на виділенні первинних і вторинних газових ореолів, вивчення яких дадуть можливість визначити газовий осередок і підійти по новому до розробки прогнозів газових викидів і методів боротьби з ними.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Анциферов А.В., Гошовский С.В., Жикаляк Н.В. и др. Мировой опыт и перспективы применения на Украине сейсмического метода при поисках, разведке и добыче метана угольных месторождений // Геофізичний журнал. – 2008. – № 3. – С. 25 – 32.
2. Бека К., Высоцкий И. Геология нефти и газа. – М.: Недра, 1976. – 59 с.
3. Геология гигантских месторождений нефти и газа. – М.: Мир, 1973. – 439 с.
4. Зимаков Б.М., Степанов Ю.В. О нефтепроявлениях в угленосной толще и перспективах нефтеносности Воркутского района // Известия Высших учебных заведений. Геология и разведка. 1965. – № 7. – С. 57 – 64.
5. Калинин М.К. Неорганическое происхождение нефти и газа в свете современных данных (критический анализ). – М.: Недра, 1968. – 336 с.
6. Козлов В.П. Нефтяные и газовые месторождения Японии // Геология нефти и газа. – 1960. – № 5. – С.53 – 58.
7. Лукин А. Прямые поиски нефти и газа: причины неудач и пути повышения эффективности // Геологія України. – 2004. – №3. – С. 18.
8. МакДональд Ян. Р. Природні нафтові виливи // Світ науки. - 2001. – №1 (7). – С. 73 – 78.
9. Металлические и неметаллические полезные ископаемые Украины. Т. 1. авторы Гурский Д.С., Есипчук К.Е., Калинин В.И. и др. – Киев-Львов: «Центр Европы». – 2005. – 785 с.
10. Мирошников Л.Д. Нефть в угольных шахтах Дальнего Востока // Изв. АН СССР. – Сер. Геол.– 1968, № 8. – С. 125 – 127.
11. Соколов Б.А., Гусева А.Н. О возможности быстрой современной генерации нефти и газа // Вестн. Моск. Ун-та. Сер. 4. Геология. 1993. – № 3. – С. 39 – 46.
12. Справочник по нефтяным и газовым месторождениям зарубежных стран. кн. 1, М.: Недра, 1976. – 600 с., кн. 2. – 584 с.
13. Тектоническая карта Украинской ССР и Молдавской ССР. Масштаб 1:500 000. К: Укргеология, УкрНИГРИ, 1988. – 134 с.
14. Чепіль П.М. Друге життя родовищ нафти і газу України – міф чи реальність // Мінеральні ресурси України. – 2008. – № 2. – С. 37 – 38.