

Нафтогазова справа

УДК 550.832

ПЕРСПЕКТИВИ ТА НЕБЕЗПЕКИ ВИДОБУТКУ СЛАНЦЕВОГО ГАЗУ В УКРАЇНІ

Д. Д. Федоришин, С. Д. Федоришин

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,
76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15;
тел. +380 (342) 72-71-23; e-mail: geophys@nung.edu.ua*

В статті викладено інформацію про типи горючих газів та форми їх утворення, наведено класифікацію сланців, які утворилися в процесі осадконакопичення. За результатами досліджень встановлено компонентний та мінеральний склад горючих сланців, їх калорійні характеристики.

Показано і обґрунтовано ризики видобутку сланцевого газу на прикладі розробок, які проводилися на родовищі Barnett Shale (США).

***Ключові слова:** сланцевий газ, родовища, запаси, екологічне забруднення.*

Підвищення енергетичної безпеки України є і буде актуальною і необхідною задачею, яка вирішується значною мірою за рахунок впровадження в експлуатацію нових додаткових об'єктів скупчення вуглеводнів, а також визначається залученням альтернативних джерел енергетики, до яких можна віднести і газонасність сланцевих порід.

Відомо, що газ може знаходитися в трьох станах:

- 1) природному газоподібному,
- 2) природному у вигляді кристалічних газогідратів,
- 3) штучному зрідженому.

У літосфері Землі газ може бути сконцентрований у вигляді газових скупчень в породах-колекторах класичних пасток (антиклінальних, синклінальних, тектонічно та літологічно обмежених, а також у лінзовидних утвореннях). Якщо розглядати природний газ, який на сьогодні є основним енергетичним джерелом газоподібних вуглеводнів, то він представляє собою суміш газів, в якій на метан (CH₄) припадає найбільший відсоток у порівнянні з важкими вуглеводнями – етаном (C₂H₆),

пропаном (C_3H_8), бутаном (C_4H_{10}) та інші. До компонентного складу природного газу входять також і неуглеводневі сполуки: сірководень, водень, діоксин вуглецю, гелій, азот.

Другим типом газу є метан вугільних пластів, процес видобутку якого достатньо трудомісткий. Стосовно сланцевого газу, про процес утворення якого сьогодні немає єдиної думки, існує ряд причин, які не дозволяють почати розробку сланцевидних порід геологічних розрізів нафтогазових родовищ.

Виходячи з наведеного та враховуючи актуальність питання видобутку сланцевого газу, необхідно привести більш детальну характеристику потенційних порід на сланцевий газ.

У розрізі літосфери відзначають наступні типи сланцевих порід:

– сланці кременисті (осадова, кремениста, тонкоплитчаста будова, часто листова, складена мікрозернистим кварцом);

– сланці кристалічні (група метаморфічних порід, які охарактеризуються середнім ступенем метаморфізації);

– сланці покрівні (аргілітоподібна порода розколота на тонкі (2,5-6 мм) пластинки, які використовуються для покриття будинків, споруд, а також як наповнювачі до мастик і асфальтів);

– сланці магнетитові (характеризуються вмістом кварцу, магнетиту та рогової обманки);

– сланці мідисті (алевроліти, аргіліти рідше мергелі, до складу матриці яких входять мінерали класу сульфідів);

– сланці менілітові (чорна, бітумінозна з органікою порода, аргілітиста з шаруватою будовою), вміст керогену складає (від 20 до 30%) – Карпатська нафтогазоносна провінція;

– сланці вуглисті (ущільнена глиниста метаморфічна порода серед вугленосних товщ);

– сланці піробітумінозні (глиниста метаморфічна порода, збагачена органічною речовиною);

– сланці філітоподібні (глиниста метаморфічна порода з коефіцієнтом пористості меншим 1%, представлена гідрослюдами, серицитом, хлоритом);

– сланці ураноносні (глиниста метаморфічна порода вміст урану перевищує кларкове значення $3 \times 10^{-4}\%$ в декілька раз).

Із перерахованих сланців найбільший інтерес представляють горючі сланці.

Горючий сланець складається переважно з мінеральних складників (кальцит, доломіт, гідрослюди, монтморилоніт, каолініт, польові шпати, кварц, пірит) і органічних частин (кероген). Останній складає 10-30% від маси породи і тільки у сланцях високої якості досягає 50-70%.

Осадова глиниста метаморфічна порода, вапняковиста, кремениста, тонкошарувата листовата або масивна, вміщає органічну речовину (кероген) в кількості від 10-15% до 60-80%. Забарвлення сіре, темно-сіре, коричневе, коричнево-жовте, оливково-сіре. Запалюється від сірника і має запах горілої гуми.

При нагріванні сланців без доступу повітря до 500°C, або з доступом повітря до 1000°C, органічна речовина розпадається з виділенням нафтоподібної смоли. Вихід смоли із сланців бідних на кероген складає 10-12% від маси сухої породи із збагачених керогеном складає 30-50% [1].

Елементний склад керогена сланців має наступний компонентний склад: С – (56-82%), Н – (5,8-11,5%), N – (1-6%), S – (1,5-9%), О – 9,6%.

Забарвлення горючих сланців коричневе, коричнево-сіре, оливково-сіре. Керогенний матеріал горючих сланців характеризується високим вмістом водню (1-7%), великою кількістю летких вуглеводнів, які вивільнюються в процесі термічної обробки до 90% з питомою теплою згорання 29-37 Мдж/кг, мінімальна теплота згорання 5 Мдж/кг.

Загальні запаси горючих сланців у світі складають 650 трлн тонн (26 трлн тонн сланцевої смоли). В основному горючі сланці зосереджені в США, Бразилії, Австрії, Болгарії, Великобританії, ФРН, Швеції, Югославії, Канаді, Росії. На території СНД відмічено 50 родовищ горючих сланців. Із них найбільше Прибалтійське, Волзьке, Оленярське, Кендерликське (Казахстан). Найбільше таких ресурсів (430-450 трлн тонн сланців та 24 трлн тони сланцевої смоли) має США. В межах Карпатської нафтогазоносної провінції найбільш збагаченими бітумами слід вважати сланці та сланцюваті аргіліти, алевроліти менілітової світи олігоцену Внутрішньої зони Передкарпатського прогину. Щодо мінілітових сланців Карпат, то вміст керогену у їхньому складі змінюється в межах від 20% до 30%.

Відмінною ознакою всіх горючих сланців, в тому числі і вуглистих, є висока густина $\delta_{II} \geq 2 \cdot 10^3$ кг/м³. Така особливість зростання густини обумовлена значною зольністю. В залежності від переважання у складі матриці горючих сланців тих чи інших мінеральних речовин їхнє забарвлення змінюється (буває темно-сіре, жовте, коричневе і чорне).

Як бачимо в геологічних розрізах літосфери відзначають різні типи сланців. Оскільки це метаморфічна глиниста, сланцеподібна з органікою або без органіки порода, то в процесі осадконакопичення порід при різних термодинамічних умовах, утворювалися системи тріщин, в яких міг сконцентруватися розсіяний природній газ, що утворився в надрах Землі в седиментаційний та постседиментаційний період, в результаті анаеробних розпадів органічних речовин.

За забарвленням ці породи характеризуються в основному коричневим і чорним кольорами, містять органічну речовину, в окремих ви-

падках до 30%, а мінеральної речовини – до 70%. З таких співвідношень органічної речовини сапропелевого ряду менілітові сланці не відносять до горючих сланців і не розглядаються як потенційне альтернативне джерело енергетики. Враховуючи те, що відклади менілітової світи залягають на глибинах від 1000 м до 3000 м і зосереджені в сейсмічно активній зоні Карпат, їхня розробка може призвести до непрогнозованих наслідків.

Густина сланців, які вивопнюють мінілітову світу, змінюється в межах від $\delta_{II}=2,3-3$ г/см³. Швидкість розповсюдження поздовжньої хвилі у піщанистому сланці (V_p) складає 1,4-5,2 км/с, у глинистому сланці – $V_p=1,8-4,8$ км/с. Для порівняння швидкість розповсюдження поздовжньої ультразвукової хвилі у вапняку $V_p=3,0-6,6$ км/с, каолініті – $V_p=3,5-4,5$ км/с. Співвідношення поздовжньої до поперечної швидкості розповсюдження ультразвукової хвилі для глинистих порід складає 0,07-0,6; пісковиків 0,1-0,3; сланців 0,4-0,6.

Виходячи із цього методи акустичного каротажу можуть бути базовими у комплексі геофізичних методів разом із результатами радіоактивних досліджень у процесі пошуку та ідентифікації сланцевих та сланцеподібних порід.

Проблеми та небезпеки видобутку сланцевого газу

Видобуток сланцевого газу має ряд проблем та небезпек, які супроводжують цей процес.

Враховуючи те, що сланцевий газ на думку деяких чиновників і спеціалістів сформовано у структурі матриці сланцевої породи, яка фактично немає пористості ($K_{II} \leq 3\%$), ризики, які можуть бути при спробі його розробки наступні:

– техногенне екологічне забруднення ділянок територій, в межах яких виконують пошукові та інші роботи;

– екологічне забруднення водойм та річок, зниження рівня поверхневих вод, хімічне забруднення водоносних пластів у розрізі пошукових свердловин;

– сейсмічні небезпеки, які можуть виникати в процесі розробки щільних малопористих порід, особливо в умовах сейсмоактивних регіонів.

Техногенне екологічне забруднення територій видобутку сланцевого газу відбувається за рахунок скупчення різної за призначенням важкої техніки, установок для проведення як вертикального, так і горизонтального буріння, горючо-мастильних речовин тощо.

Екологічне забруднення водойм та рік, а також водонасичених горизонтів за рахунок гідророзривів, які здійснюють в процесі руйнування щільної породи буде однією з гострих проблем, яка суттєво вплине на екологію регіону.

Ускладнюється ця проблема ще й через те, що на сьогодні не вивчено фільтраційно-ємнісні властивості вміщаючих порід стосовно сланців чи сланцевих порід, відсутні дані про петрофізичну анізотропію вміщаючих пластів, а також про їх фізичні параметри.

Технологія гідророзриву пласта потребує великих запасів води біля родовища. За розрахунками для одного гідророзриву використовується суміш води, піску і хімікатів вагою 600 т. В результаті біля місця розробки родовища накопичуються значні об'єми відпрацьованої забрудненої води, яка не утилізується добувачами з дотриманням екологічних норм. Як показує досвід розробки родовищ Barnett Shale (США), сланцеві свердловини мають набагато менший термін експлуатації, ніж свердловини звичайного природного газу. Формули хімічного коктейлю для гідророзриву в компаніях, які видобувають сланцевий газ є конфіденційними. За звітами екологів видобуток сланцевого газу призводить до значного забруднення ґрунтових вод толуолом, бензолом, деметилбензолом, етилбензолом, миш'яком та іншими хімічними канцерогенними речовинами. Деякі компанії використовують солянокислотний розчин загущений за допомогою полімеру. Для одної операції гідророзриву використовується 80-300 тон хімікатів. При видобутку сланцевого газу суттєвими є втрати метану, що веде до посилення парникового ефекту. Видобуток сланцевого газу є рентабельним тільки за наявності попиту і високих цін на газ, а в цілому це високозатратне виробництво.

Хімічна суміш коктейлю компанії Halliburton складає біля 1,53% від загального розчину і включає: соляну кислоту, формальдегід, оцетонний ангідрид, метилові спирти, хлорид амонію. Компанія Chesapeake Energy використовує свій склад хімічної суміші, але її об'єм в гідророзчині набагато менший – 0,5%. В цілому газовидобувними компаніями для видобутку сланцевого газу використовується біля 85 токсичних речовин. Окремі із них мають наступні призначення:

- соляна кислота сприяє розчиненню мінералів в гірських породах;
- етиленгліколь протидіє відкладенням на внутрішніх стінках труб;
- ізопропиловий спирт, гуарова камідь і борна кислота використовуються в якості загущувачів речовин, які підтримують в'язкість розчину;
- глутаральдегід і формаміт протидіє корозії;
- нафта в легких фракціях використовується для зниження тертя;
- пероксодисульфат амонія протидіє розпаду гуарової камеді;
- хлорид калію перешкоджає хімічним реакціям між рідиною і ґрунтом;
- карбонат натрію або калію – для підтримки балансу кислот.

Нанесена шкода екології регіону сланцевим басейном в Пенсільванії (США) носить характер екологічної катастрофи. Саме екологічна проблема в сукупності з використанням великої кількості води для здій-

снення гідророзриву є найбільш гострою для розвитку сланцевого видобутку в густонаселених районах. Не дивлячись на те, що гідророзриви проводяться набагато нижче рівня ґрунтових вод, токсичною речовиною заражені ґрунтовий шар, ґрунтові води і повітря. Це відбувається за рахунок просочування хімічних речовин через тріщини які утворилися в осадових породах в поверхневих шарах ґрунту. У деяких районах Пенсільванії в криницях можна підпалити воду. В результаті роботи екологів згідно закону про чисту воду в Сполучених Штатах Америки від 2005 року вийшов припис для всіх газовидобувних компаній розкрити формулу хімічного коктейлю, а також знизити хімічне навантаження на екологію регіону. Також відзначимо, що найбільш успішні сланцеві родовища відносяться до палеозойської і мезозойської ери, відклади яких характеризуються високим рівнем гамма-випромінювання та корелюються з терміном зрілості сланцевого родовища. В результаті гідророзриву радіоактивні елементи попадають у верхній шар осадових порід. В районі сланцевого видобутку газу спостерігається підвищення радіаційного фону.

Слід також, нагадати, що гідророзриви привели до виникнення двох невеликих землетрусів в Ланкширі.

В результаті екологічного моніторингу отримано незаперечні факти, що викиди метану (CH_4) при видобутку сланцевих газів більші, ніж від процесу видобутку вугілля, нафти та природного газу, що значно підвищує парникові ефекти. Загальний об'єм втрат метану при видобуванні сланцевого газу складає 3,6-7,9%.

Наведені дослідження зумовлюють необхідність подальшого удосконалення технології видобутку сланцевого газу з метою контролю викидів метану, забруднення ґрунту та ґрунтових вод, враховуючи високий рівень невизначеності в оціночних цифрах. На жаль, на фоні картини виснаження традиційних запасів природного газу, сланцевий газ не може стати в найближчий час достойною альтернативою природному газу, оскільки не відповідає сучасним екологічним вимогам до видобутку енергоресурсу.

На сьогодні видобуток сланцевого газу має перспективи місце тільки у малозаселених районах та країнах, які згодні на зниження екологічної безпеки їхніх територій, а як наслідок на погіршення екологічного стану нашої Планети.

Література

1. Куровець М. Загальна геологія / М.Куровець, Н.Гунька. – Львів: ЛДКФ “Атлас”, 1998.

Стаття надійшла до редакційної колегії 17.12.2013 р.

*Рекомендовано до друку д.т.н., професором **Мойсишиним В.М.**, д.геол.н., професором **Наумком І. М.** (м. Львів),*

**PROSPECTS AND DANGERS OF BOOTY
SLATE GAS IN UKRAINE**

D. D. Fedoryshyn, S. D. Fedoryshyn

*Ivano-Frankivs'k National Technical University of Oil and Gas;
76019, Ivano-Frankivs'k, Carpats'ka str., 15; ph. +380 (342) 72-71-23;
e-mail: geophys@nung.edu.ua*

This article contains the details about the types of combustible gases and forms of their formation are classified shale formed during the accumulation of sediments. According to the research it is found component and mineral composition of oil shale, their calories specifications.

Is shown and proved risks of shale gas development on the example, which were held at the field Barnett Shale (USA).

Key word: *slate gas, deposits of gas, supplies, ecological contamination.*