

ЗАСТОСУВАННЯ ГЕОФІЗИЧНИХ МЕТОДІВ ДЛЯ ПОШУКІВ, РОЗВІДКИ І РОЗРОБКИ ПРИРОДНОГО ГАЗУ ЗІ СЛАНЦЕВИХ ПОРІД

Розглянуто поняття „сланцевого газу”, як природного газу зі сланцевої породи та його загальні характеристики. На основі аналізу досвіду США встановлено залежність петрофізичних властивостей сланцевої породи від їх потенційної газонасиченості. Проведено моделювання сейсмічних ефектів, які виникають після проведення гідророзриву пласта. Обґрунтована можливість застосування геофізичних методів при пошуках, розвідці і розробці родовищ природного газу зі сланцевих порід, в тому числі, і для території України.

Ключові слова: природний газ зі сланцевої породи; гідророзрив пласта; тріщини; мікросейсмічний моніторинг; сейсморозвідка; гравірозвідка.

Вступ

У світі, як і в Україні актуальною проблемою на даний час є пошуки, розвідка і розробка родовищ природного газу зі сланцевих порід. Для нашої країни природний газ зі сланців міг би стати вирішенням проблеми енергетичної безпеки і незалежності, а також забезпечення населення та промисловості власними вуглеводневими ресурсами. Проте необхідно оцінити всі можливі переваги і недоліки, а також звернути увагу на особливості його пошуків і розвідки, можливі негативні наслідки його видобування та шляхи їх подолання.

Об'єкт дослідження

Дослідження, проведені в різних країнах світу показують, що так званий „сланцевий газ” є звичайний природний газ, який видобувається з дрібнозернистих осадових порід, а саме з сланців (аргілітів), які відклалися в глибоководному, низькоенергетичному середовищі. Сланець (аргіліт) характеризується відносно високим вмістом органічної речовини (керогену), має дуже низьку пористість і низьку проникність. Газ зі сланців складається переважно з метану (до 96 % об'ємної маси).

На даний час басейни сланцевих порід відомі по всьому світу (рис. 1). Проте, вперше газ із сланців у промислових об'ємах був отриманий у Сполучених Штатах Америки. На даний час в США основний об'єм газу видобувається із басейну чорних сланців Марселус, що є найбільшим родовищем природного газу у сланцевих породах в Америці.

Вцілому на планеті пласти сланців займають велику площу. Зазвичай, вони виступають покришкою, колектором і материнською породою.

Природний газ у сланцевих породах (аргілітах) присутній у трьох видах:

- 1) вільний газ: у порах породи і в природних тріщинах;
- 2) адсорбований газ органічною речовиною чи глинистими мінералами: у порах і тріщинах породи;
- 3) розчинений газ, що присутній у вуглеводневих рідинах.

Однак, незважаючи на розповсюдження газонасичених сланців на великих територіях, лише

незначна їх частка є придатною для економічно доцільного видобування природного газу. Промислова розробка газу можлива лише у зонах підвищеної продуктивності, перш за все, на ділянках із збільшеним вмістом органічної речовини та дещо кращими ємнісними властивостями газонасичених порід. Важлива особливість сланцевих відкладів – поширення зон акумуляції газу переважно за межами характерних для традиційних нафтогазоносних районів структурних пасток [Нойхаус, 2011]. Ці обставини накладають відповідні вимоги до комплексу геофізичних методів для виявлення найбільш перспективних об'єктів. Поза конкуренцією для розв'язання цієї задачі залишаються, на нашу думку, методи сейсморозвідки та гравірозвідки.

Особливості фізичних властивостей сланцевих порід

Щодо фізичних властивостей сланцевих порід, то база даних із родовищ Босієр, Вудфорд і Бейкен охоплює широкий діапазон визначень фізичних параметрів, за якими: загальний вміст вуглецю (ТОС) коливається в діапазоні 3-15%; вміст глини – (20-50%); пористість – (5-12%); насиченість сланців може бути водою, газом і нафтою; відношення V_p/V_s від 1.6 до 1.7, якщо ж V_p/V_s перевищує 1.8, то сланець не вміщує достатньої кількості необхідної органічної речовини. Відношення густини породи до загального вмісту органічного вуглецю (ТОС) показує, що зі збільшенням ТОС відбувається зменшення густини породи (рис. 2).

Таким чином, залежність густини сланцевої породи від загального вмісту органічного вуглецю можна використовувати шляхом розуцільнення сланцевої породи, як один із прогностичних факторів при пошуках найбільш газопродуктивних площ – sweet spot. Це є надзвичайно важливим для вибору ділянки для буріння як пошукових, так і експлуатаційних свердловин.

Видобування природного газу зі сланцевих порід базується на двох основних технологічних рішеннях – горизонтальне буріння та багато-стадійний гідророзрив сланцевої породи (рис. 3).

Гідророзрив сланцевих порід як засіб отримання припливу газу

Суть багатостадійного гідророзриву полягає у нагнітанні у свердловину під високим тиском суміші із води, піску та спеціально підібраних хімічних речовин. Під дією тиску в пласті утворюються штучні або розкриваються природні тріщини, куди поступає вода із піском, за допомогою якого забезпечується утримання сформованих тріщин у відкритому стані. У майбутньому штучно створена мережа тріщин створює штучну проникність сланцевої породи і слугує каналами через які газ із об'єму сланцевої породи поступає в стовбур свердловини (рис. 3).

При розробленні родовищ природного газу зі сланцевих порід слід враховувати такі аспекти, як відносно невеликі дебіти газу, великі території поширення газоносних сланцевих басейнів, майже експоненціальне падіння об'єму видобутку та відносно тривалий час експлуатації свердловин – до 30 років), товщину пластів сланців від десятків до сотень метрів, низькі значення фільтраційно-емісійних властивостей, необхідність застосування методів інтенсифікації припливу газу, відсутність потреби пошуків локальних антиклінальних структур-пасток [Локтев А.В. та ін., 2011].

Геофізичний контроль за процесом гідророзриву

Як зазначалось вище, одним із наслідків гідророзриву є поява тріщин, що зумовлює необхідність контролю за їх розповсюдженням. Для цього використовується мікросейсмічний моніторинг, який дозволяє оцінити ефективність проведеного гідророзриву. Його завданням є постійний контроль за процесом утворення тріщин у сланцевій породі, а саме їх розповсюдження в часі і просторі та, можливо, параметрами (довжиною, шириною та висотою).

Із метою дослідження можливостей застосування сейсмозвідки для контролю за процесом гідророзриву було проведено математичне моделювання сейсмічних ефектів, які виникають в моделі штучного утворення тріщин в геологічному середовищі.

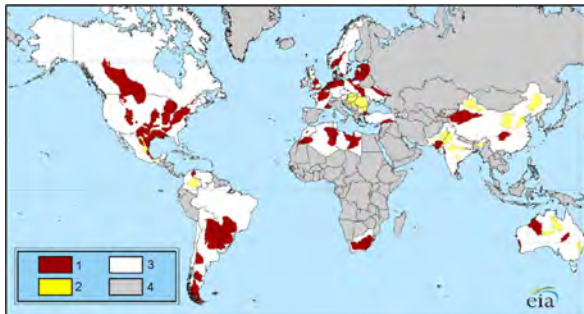


Рис. 1. Басейни сланцевих порід на мапі світу [U.S. EIA, 2011].

Умовні позначення: 1 – оцінені запаси природного газу зі сланцевих порід; 2 – не оцінені запаси; 3 – країни, що входять у звіт; 4 – країни, що не входять у звіт.

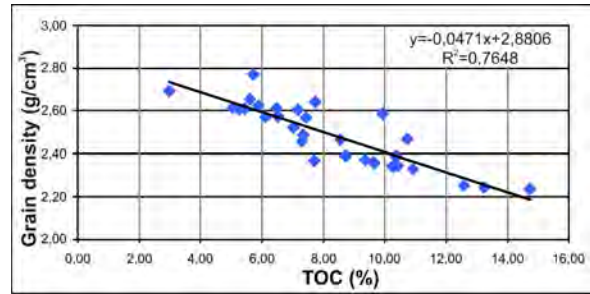


Рис. 2. Залежність густини сланцевої породи від загального вмісту органічного вуглецю (ТОС) на прикладі мезозойських чорних органічних сланців

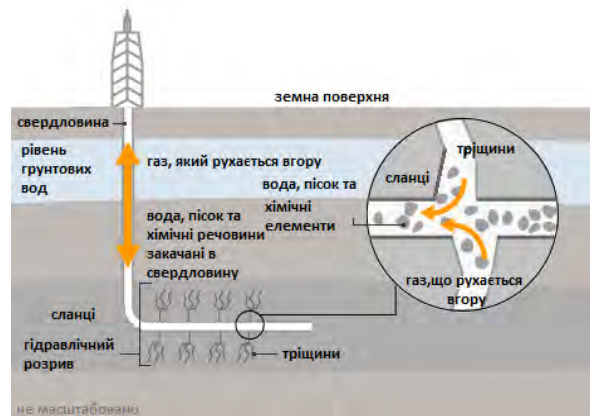


Рис. 3. Принципова схема видобутку природного газу зі сланцевих порід

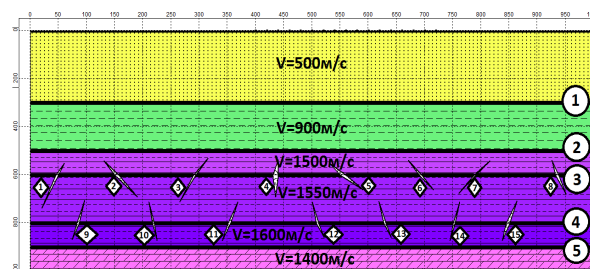


Рис. 4. Петрофізична модель середовища з тріщинами у сланцевих пластах.

Умовні позначення: кольорами позначені типи порід; цифри в кружечках – номери границь пластів порід; цифри в ромбах – номери тріщин в сланцевих породах

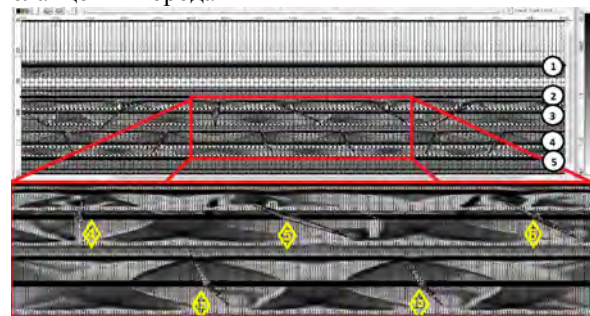


Рис. 5. Розповсюдження пружних хвиль у сланцевих пластах з тріщинами

Умовні позначення: цифри в кружечках – номери границь пластів порід; цифри в ромбах – номери тріщин в сланцевих породах

Для опису процесу гідророзриву у сланцевому пласті була обрана горизонтально шарувата чотирьох пластова модель (рис. 4).

Швидкість повздовжніх хвиль обрано пропорційно до співвідношення літологічного складу порід. В якості основного результату моделювання було порівняння сейсмічних полів, які відповідають відповідно моделі середовища без тріщин і моделі із локальними тріщинами. Результати проведених розрахунків показали, що основною відмінністю сейсмічного поля для моделі із тріщинами є значна кількість дифрагованих хвиль, які формуються на кутових точках тріщин (рис. 5).

Висновки

1. Потенційно газонасичені сланцеві породи характеризуються фізичними властивостями, а саме швидкостями повздовжніх і поперечних хвиль та густинами, які відрізняють їх від умовно вміщуючих сланцевих порід, що обґрунтовує можливість застосування комплексу сейсмогравіметричних досліджень для їх прогнозування та вивчення.

2. Утворення тріщин під час проведення гідророзриву у сланцевих та інших породах супро-

воджується утворенням джерел мікросейсмічних коливань, інтенсивного фону дифрагованих хвиль та розуцільнення порід, що є підґрунтям для застосування комплексу активної і пасивної сейсмозвідки та повторних високочотних гравіметричних спостережень для контролю за процесами, які відбуваються в пласті під час та після гідророзриву.

Література

- Звіт Американської інформаційної енергетичної агенції (U.S. EIA). Квітень, 2011
- Інтернет-джерело: <http://geology.com/articles/marcellus-shale.shtml>
- Нойхаус Д. Сланцевий газ, газ в ущільнених породах, метан вугільних пластів в Україні // Нафтогазова геофізика – інноваційні технології. Друга міжнародна науково-практична конференція. Ів.Франківськ, 25-28 квітня 2011 р. – С. 153-154.
- Локтев А.В., Павлюк М.І., Локтев А.А. Перспективи відкриття покладів „сланцевого” газу в межах Волино-Подільської окраїни Східно європейської платформи // Геологія і геохімія горючих копалин. – 2011. – № 3-4. – С. 5-23

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРИ ПОИСКАХ, РАЗВЕДКЕ И РАЗРАБОТКЕ ПРИРОДНОГО ГАЗА ИЗ СЛАНЦЕВЫХ ПОРОД

Н.П. Кухар, А.П. Петровский, Н.С. Ганженко

Рассмотрено понятие „сланцевый газ”, как природный газ из сланцевой породы и его общие характеристики. На основе анализа опыта США установлена зависимость петрофизических свойств сланцевой породы от ее потенциальной газонасыщенности. Проведено моделирование сейсмических эффектов возникающих после проведения гидроразрыва пласта. Обоснована возможность применения геофизических методов при поисках, разведке и разработке месторождений природного газа из сланцевых пород, в том числе и для территории Украины.

Ключевые слова: природный газ из сланцевой породы, гидроразрыв пласта, трещины, микро-сейсмический мониторинг, сейсморазведка, гравитаразведка.

GEOPHYSICAL METHODS FOR EXPLORATION AND EXTRACTION OF NATURAL GAS FROM SHALES

N.P. Kukhar, O.P. Petrovskyy, N.S. Gangenko

The definition of „shale gas” as a natural gas from shale and its general characteristics are considered. Based on analysis of the experience in the United States, the dependence of shale petrophysical properties on its potential gas-saturation was determined. Modeling of seismic effects, appearing after hydraulic fracturing, was performed. The possibility of using the geophysical methods in the search, exploration and production of natural gas from shale is substantiated, in the territory of Ukraine as well.

Key words: natural gas from shale, hydraulic fracturing, cracks, microseismic monitoring, seismic survey, gravity survey.