

## 2. ЕКОЛОГІЯ ДОВКІЛЛЯ

УДК 502.[171+52]:550.8

Доц. В.Р. Хомин, канд. геол. наук;

проф. Б.Й. Маєвський, д-р геол. наук; проф. Л.Є. Шкіца, д-р техн. наук;

доц. Л.І. Челядин, д-р техн. наук – Івано-Франківський НТУ нафти і газу

### ОСОБЛИВОСТІ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ГЕОЛОГІЧНОГО СЕРЕДОВИЩА ПРИ ПОШУКАХ І ВИДОБУТКУ СЛАНЦЕВОГО ГАЗУ

Проаналізовано природу та особливості знаходження сланцевого газу в осадових породах та екологічно небезпечних процесів, які можуть відбуватися у геологічному середовищі, зокрема пошкодження експлуатаційних та інших колон у свердловинах. Сланцевий газ є переважно розсіяним газом, що приурочений до порово-тріщинних порожнин, пов'язаних із нашаруванням різних літологічних різновидів сланцевих товщ. Найсприятливішими для пошуків сланцевого газу є породи з вираженою тонкою шаруватістю і сланцюватістю. При цьому необхідно максимально раціонально підходити до вибору методів і засобів розвідки та розробки родовищ сланцевого газу і враховувати важливе завдання – попередження різного роду деформацій як масиву гірських порід, так і колон свердловин для максимального збереження екологічної рівноваги геологічного середовища.

**Ключові слова:** екологічна безпека, порода-колектор, перспективи газоносності, деформації масиву порід, герметичність колон свердловин.

На сьогодні у світі значну увагу приділяють проблемі видобутку нетрадиційного газу із сланцевих товщ, так званого сланцевого газу. За останні роки з'явилися окремі публікації та численні повідомлення щодо ресурсів сланцевого газу, що визначаються у трильйонах кубічних метрів на території США, Європи, і зокрема на території України. Відповідно до опублікованих даних Європейського центру з питань безпеки енергетики і ресурсів (EU-CERS), ресурси сланцевого газу у Європі становлять понад 17,67 трлн м<sup>3</sup> [1].

Останнім часом з'явилося багато різних повідомлень, в яких високо оцінюються перспективи видобутку сланцевого газу з бітумінозних сланцевих товщ нафтогазоносних регіонів України. Дедалі частіше поширюється думка, що цю проблему можна частково вирішити шляхом використання менілітових сланців Карпат, з якими інколи бездоказово пов'язують великі запаси сланцевого газу.

Пошуки, розвідка та видобуток сланцевого газу в Україні, як і в Європі, ускладнюються багатьма чинниками, головними з яких є те, що поклади сланцевого газу як на території України, так і в Європі загалом, майже не досліджені та не вивчені, і те, що, враховуючи щільність населення Європи, порівняно з територією США, особливе значення набувають проблеми екологічної безпеки геологічного середовища, пов'язані зокрема з використанням хімічних реагентів у технології гідророзриву пласта, що може призвести до забруднення підземних вод і джерел водопостачання. Окрім цього, необхідно зауважити і звернути увагу на те, що території США, де інтенсивно видобувають сланцевий газ, дотепер були майже не пробурені, а на території України, особливо в Західноукраїнському нафтогазоносному регіоні та Передкар-

патті зокрема, пробурено тисячі свердловин різної глибини і з неоднаковим ступенем герметичності обсадних колон.

Тому необхідно використовувати системний підхід до комплексу досліджень з пошуків, розвідки та розробки покладів сланцевого газу, який повинен мати такі основні етапи: геологічна складова, складова екологічної безпеки та техніко-економічна складова. Саме у такому порядку необхідно ранжувати за важливістю та розглядати вказані складові під час відкриття та розроблення покладів сланцевого газу. Причому тільки після отримання достатньо надійних та достовірних доказів обґрунтування перспектив нафтогазоносності низькопористих і сланцюватих порід необхідно переходити до встановлення можливих екологічних впливів та прогнозування небезпечних ситуацій при розробці покладів газу в такому типі колекторів.

Менілітові сланці входять до складу карпатського флішу, де з піщано-алевролітовими відкладами пов'язана регіональна нафтогазоносність. Менілітові сланці Карпат є різновидністю бітумінозних порід олігоцену, які за технологічними параметрами близькі до низькосортних сланців. Природні розрізи менілітових відкладів дуже різні за складом і представлені перешаруванням сланців з різним вмістом ОР, пісковиків, алевролітів, аргілітів та інших порід і характеризуються складною тектонічною будовою з крутим заляганням складок. Детальними дослідженнями встановлено, що в менілітових сланцях вміст розсіяної ОР коливається від 3-5 до 30 %, при цьому вона розміщена нерівномірно по площі та розрізу. Сланці з високим вмістом ОР (понад 10 %) трапляються у вигляді дрібних лінз і невитриманих щодо простягання прошарків або шарів товщиною від декількох сантиметрів до кількох метрів [2].

Враховуючи специфіку освоєння сланцевого газу, пов'язану з бурінням сотень-тисяч горизонтальних свердловин, багатостадійними штучними гідророзривами і застосуванням хімреагентів, відповідно до екологічних наслідків менілітові сланці Українських Карпат не можна розглядати сьогодні як одне з найперспективніших джерел природного сланцевого газу [3].

Першого липня у сенат 2011 р. сенат Франції прийняв постанову про заборону видобутку корисних копалин методом гідророзриву пластів [4]. Таким чином, Франція стала першою у світі державою, яка на законодавчому рівні заборонила відбувся сланцевого газу з екологічних міркувань. Адміністрація канадської провінції Квебек також призупинила на два роки видобуток сланцевого газу після опублікування звіту Бюро оцінювання впливу на навколишнє середовище. Незадовго до введення цієї заборони мав місце інцидент у США. Там проблеми були пов'язані з водою, що закачують у свердловини для проведення гідророзриву, а потім частково викачують на поверхню і відправляють на заводи для очистки. Виявилось, що заводи зливали частину води в річкову систему та водойми. Окрім цього, виявилось, що частина викаченої після проведення гідророзриву води має підвищену радіоактивність, а також канцерогенні складники. У 2010 р. було представлено звіт про підвищення кількості землетрусів у районах видобування сланцевого газу. Зокрема в Арканзасі було тимчасово введено заборону на гідророзриви, оскільки дос-

ліджували взаємозв'язок між видобутком сланцевого газу і сотнями землетрусів, які відбулися у цьому штаті за останні пів року [5].

При цьому необхідно також відзначити, що бітумінозні менілітові сланці Українських Карпат, які належить до низькосортних горючих сланців, не можна розглядати як джерело для видобування із них синтетичного сланцевого газу внаслідок нагрівання (піролізу). Останнє, разом із можливими екологічними наслідками, детально розглянуто нами у роботі [6]. У складчастих Карпатах, як і в зоні Кросно, на невеликих глибинах є газонасичені товщі спаської і шипотської світ нижньої крейди, з якими можна пов'язувати перспективи видобування сланцевого газу. Але при цьому також стаються певні екологічні наслідки і виникає потреба ще у проведенні цілеспрямованих додаткових досліджень.

У складних геологічних умовах, які саме і спостерігаються у Карпатському регіоні, геологорозвідувальні роботи супроводжуються різними ускладненнями та аваріями, серед яких важливу роль відіграють пошкодження експлуатаційних та інших колон у свердловинах. Головним чином зім'ягість колон відбувається у пластичних, соленосних або тріщинуватих породах. Основними причинами виникнення пластичної деформації глинистих і тріщинуватих порід можуть бути прояви тектонічних рухів, зумовлені як геодинамічними процесами, так і результатами порушення людиною енергетичної рівноваги геологічного середовища під час буріння свердловин та розроблення родовищ вуглеводнів.

Як причинам деформацій гірських порід, так і проблемам порушення цілісності експлуатаційних колон свердловин приділяли: увагу багато вчених. Серед них можна виділити В.М. Добриніна, Н.Н. Павлова, Ю.П. Желткова, Ф.І. Котяхова В.А. Сидирова, Р.М. Новосілецького, О.Д. Гусейн-Заде, А.А. Федорова, Я.С. Коцкулича та ін. Проте на сьогодні виникає необхідність детальнішого розгляду причин цих деформацій та їх наслідків стосовно екологічної безпеки геологічного середовища, особливо в районах, де вже пробурена значна кількість свердловин, що і спостерігаємо в Карпатському регіоні. Особливу увагу необхідно звернути на пошуки найраціональніших та дієвих шляхів попередження різних деформацій як масиву гірських порід, так і колон свердловин.

Початковою руйнівною силою зсувів і деформацій масиву гірських порід є початковий напружений стан і його зміна в процесі розвідки та розробки родовищ вуглеводнів. Геодинамічні процеси вважаються одними з основних природних факторів порушення цілісності геологічного середовища. Деформація гірських порід під дією тектонічних процесів, на думку О.Д. Гусейн-Заде (1988), призводить до утворення внутрішньо об'ємних напруг, релаксація яких викликає пружну і пластичну деформацію зерен, їх зміщення одне відносно одного. На нашу думку, можна виділити три види деформацій, які виникають внаслідок проявів тектонічних рухів, пов'язаних із геодинамікою складчастих споруд, якими і є Українські Карпати: пружний згин пластів, пластична деформація глинистих порід, тектонічне зміщення пластів. Під час буріння і випробування свердловин, внаслідок взаємодії порід із буровим

розчином, відбувається набухання глинистих порід. Тому можливе виникнення таких деформацій: підняття залягаючого вище масиву порід, тектонічний зсув і осипання порід навколо зони набухання.

Значний вплив на прояви деформацій порід має і зміна термогідродинамічних процесів у покладах. Серед таких деформацій необхідно виокремити:

1. У процесі розроблення покладів відбувається зниження пластового тиску, з яким пов'язане ущільнення колектора із зміною пористості, що, водночас, призводить до зсуву масиву порід над покладом, та під час його вироблення, внаслідок чого виникають вертикальні та горизонтальні деформації геологічного середовища.
2. Під час застосування методів дії на пласт (розкриття, випробування, особливо гідророзрив) відбувається короточасне підвищення або зниження пластового тиску, що призводить до аналогічних до першого пункту деформацій (особливо це стосується видобування сланцевого газу).
3. Підтримання пластового тиску нагнітанням води зумовлює значну зміну температури в покладі і залягаючих вище породах, що впливає на текучість глинистих і соленосних порід.
4. Внаслідок надмірних або раптових (аварійне фонтанування тощо) відборів рідини з покладу і значного падіння пластового тиску можливе осідання земної поверхні.
5. Внаслідок нагнітання в поклад води для підтримання пластового тиску можливе набухання залягаючих вище глинистих порід і підняття земної поверхні.

На території України найперспективнішим регіоном для пошуків сланцевого газу вважають нижньопалеозойський басейн у межах Волино-Подільської плити. Щодо наявності сланцевого газу, то перспективними тут вважаються відклади кембрію, ордовіку та силуру. Прямою ознакою газонасиченості розрізу є аномалії, які чітко простежуються на кривих газового каротажу. Під час випробування св. 1-Володимирівська з відкладів силуру було отримано приплив газу дебітом 1400 м<sup>3</sup>/добу [7].

Щодо Дніпровсько-Донецької западини, то тут, як відомо, є потужні сланцеві девонсько-кам'яновугільні товщі, які переважно залягають на великих глибинах. Ступінь їх метанонасиченості також буде залежати від інтенсивності тектонічного розчленування і, відповідно, вертикальних міграційних глибинних метанових потоків та їх поступлення у порожнинний простір, пов'язаний із зонами дроблення сланцевих порід та нашаруванням.

За результатами вже завершених робіт на 18-ти перспективних ділянках у межах Західного та Східного регіонів України підготовлено та подано до Державної служби геології та надр України проекти розпоряджень Кабінету Міністрів України для надання (без конкурсів та аукціонів) Національній акціонерній компанії НАК "Нафтогаз" України спеціальних дозволів на користування надрами на сланцевий газ [8]. Проте, на наш погляд, внаслідок надання таких дозволів в умовах Дніпровсько-Донецької западини необхідно проводити чітку ідентифікацію між родовищами сланцевого газу, родовищами газу центрально-басейнового типу, а також родовищами, які пов'язані з неструктурними пастками.

Таким чином, на підставі викладеного матеріалу можна зробити такі висновки:

1. Необхідно використовувати системний підхід до комплексу досліджень з пошуків, розвідки та розробки покладів сланцевого газу, який повинен містити такі основні етапи: геологічна складова, складова екологічної безпеки та техніко-економічна складова. Саме в такому порядку необхідно ранжувати за важливістю та розглядати вказані складові при відкритті та розробці покладів сланцевого газу.
2. Сланцевий газ – це переважно розсіяний газ, приурочений до порово-тріщинних порожнин, пов'язаних з особливостями нашарування пелітоморфних сланцевих товщ, включно з газом закритих пор і сорбованих мінеральними й органічними речовинами, що і зумовлює переважно низьку дебітність свердловин.
3. Сланцевий газ пов'язаний не тільки з чорносланцевими формаціями, збагаченими ОР, але і з щільними сіро-коричневими карбонатно-глинистими сланцевими товщами з низьким вмістом ОР. При цьому спостерігається відсутність кореляції між типом органічної речовини та стадією її метаморфізму. Незважаючи на наявність у складі сланцевих товщ, крім гумусової органічної речовини і сапропелевої, нафтових вуглеводнів у складі сланцевого газу не виявлено.
4. Необхідно максимально раціонально підходити до вибору методів і засобів розвідки та розробки родовищ сланцевого газу та враховувати важливе завдання – запобігання різних деформацій як масиву гірських порід, так і колон свердловин для максимального збереження екологічної рівноваги геологічного середовища.

Отримавши переконливе обґрунтування перспектив газонасності сланцеватих відкладів та безперечні докази безпечності з екологічного погляду проведення пошуково-розвідувальних робіт, можливим буде перехід до економічного обґрунтування доцільності проведення геологорозвідувальних робіт за умови їх екологічної безпечності та встановлення техніко-технологічних можливостей відкриття та розробки газових покладів у сланцеватих породах в умовах сьогодні.

### Література

1. Maximilian Kuhn. EUCERS Strategic Perspectives of Unconventional Gas. A game changer with implication for the EU's energy security / Kuhn Maximilian, Umbach Frank // EUCERS Strategy Paper 1. – 2011. – Vol. 1. – 52 p.
2. Порфір'єв В.Б. Менілітові сланці Карпат / В.Б. Порфір'єв, Й.В. Грінберг, М.Р. Ладженський та ін. – К. : Вид-во АН УРСР, 1963. – 205 с.
3. Лукін А.Е. Сланцевый газ и перспективы его добычи в Украине. Статья 2. Черносланцевые комплексы Украины и перспективы их газонасности в Вольно-Подолье и Западном Причерноморье / А.Е. Лукін // Географический журнал. – 2010. – № 4. – С. 7-24.
4. Французский парламент наложил запрет на добычу сланцевого газа. – 01.06.2011. [Электронный ресурс]. – Доступный с <http://www.chaspik.spb.ru/world/francuzskij-parlament-nalozhil-zapret-na-dobychu-slancevogo-gaza>.
5. Экологические последствия добычи сланцевого газа. – 01.03.2010. [Электронный ресурс]. – Доступный с <http://www.energyfuture.ru/ekologicheskie-posledstviya-dobychi-slancevogo-gaza>.
6. Маевський Б.Й. Про можливість використання менілітових бітумінозних сланців Українських Карпат як енергетичної сировини / Б.Й. Маевський, Ф.В. Козак // Нафтова і газова промисловість. – 1999. – № 6. – С. 11-13.

7. Локтев А.В. "Сланцевый" газ та перспективи відкриття його родовищ у межах Волино-Подільської плити / А.В. Локтев, М.І. Павлюк, А.А. Локтев // Геологія і геохімія горючих копалин. – 2011. – № 1-2 (154-155). – С. 92-95.

8. Зейкан Олександр. Перспективи нарощування геологорозвідувальних робіт національною акціонерною компанією "Нафтогаз України" до 2015 / Олександр Зейкан, Василь Гладун, Петро Чепіль, Петро Максимчук // Геологія і геохімія горючих копалин. – 2011. – № 1-2 (154-155). – С. 59-61.

### *Хомын В.Р., Маевский Б.И., Шкица Л.Е., Челядын Л.И. Особенности экологической безопасности геологической среды при поисках и добыче сланцевого газа*

Проанализирована природа и особенности расположения сланцевого газа в осадочных породах и экологически опасных процессов, которые могут происходить в геологической среде, в частности повреждения эксплуатационных и других колонн в скважинах. Сланцевый газ является преимущественно рассеянным газом, приуроченным к порово-трещинным полостям, которые связаны с наложением различных литологических разновидностей сланцевых толщ. Благоприятными для поисков сланцевого газа являются породы с выраженной тонкой слоистостью и сланцеватостью. При этом необходимо максимально рационально подходить к выбору методов и средств разведки и разработки месторождений сланцевого газа и учитывать важную задачу – предупреждение разного рода деформаций как массива горных пород, так и колонн скважин для максимального сохранения экологического равновесия геологической среды.

**Ключевые слова:** экологическая безопасность, порода-коллектор, перспективы газонасности, деформации массива пород, герметичность колонн скважин.

### *Khomyn V.R., Maevskiy B.Yo., Shkitsa L.Ye., Cheliadyn L.I. Features of environmental safety of geological environment during shale gas prospecting and production*

The nature and features of shale gas in sedimentary rocks and ecological dangerous processes which can occur in a geological environment, including damage to the operational and other columns in the wells are analyzed. Shale gas is predominantly diffused gas that is dedicated to the pore-fractured cavities which are associated with the stratification of different lithological varieties of the shale sequences. The most favourable for shale gas searches are rocks with a strong thin lamination and shale rocks. It should be the most rational to approach to the choice of methods and means of exploration and development of shale gas and consider the important task – to prevent various deformations of the rock mass as well as columns of wells for maximum preservation of the ecological balance of the geological environment.

**Keywords:** environmental security, reservoir rocks, prospects of gas bearing, deformation of rocks, wells columns tightness.

УДК 630\*181.9

*Доц. В.В. Лавний, канд. с.-г. наук;  
доц. В.Г. Мазена, д-р с.-г. наук – НЛТУ України, м. Львів*

### ВПЛИВ СОНЯЧНОЇ АКТИВНОСТІ НА ВІТРОВАЛИ І БУРЕЛОМИ ЛІСУ В УКРАЇНСЬКИХ КАРПАТАХ

На основі аналізу даних з лісгосподарських підприємств, розташованих у регіоні Українських Карпат, проаналізовано залежність між щорічним об'ємом вітровальної деревини та сонячною активністю. Показано, що між цими показниками існує помірний кореляційний зв'язок, а найбільші обсяги вітровалів і буреломів у гірських лісах спостерігаються за екстремальних значень сонячної активності.

**Ключові слова:** Українські Карпати, сонячна активність, вітровали лісу, лісовництво.