

УДК 553.981 : 502.171 (477.8)

Хомин В.Р., Палійчук О.В.

ЗМІНИ ГЕОЛОГІЧНОГО СЕРЕДОВИЩА ПРИ ПРОВЕДЕННІ ГІДРОРОЗРИВІВ ПЛАСТІВ ТА ЗАХОДИ З ЙОГО ЗАХИСТУ В КАРПАТСЬКОМУ РЕГІОНІ

Наведені результати аналізу небезпек для геологічного середовища у зв'язку з використанням гідравлічних розривів пластів для видобування вуглеводневого газу зі слабопроникних порід-колекторів Карпатського регіону. Встановлено необхідність врахування тектонічної порушеності, геодинамічного фону та сейсмо-геофізичних показників регіону. Ранжовані окремі перспективні його структури за геолого-структурною стійкістю газоперспективного пласта для встановлення ступеня екологічної безпеки пошуково-розвідувальних робіт. Виділені основні геологічні чинники, які необхідно враховувати при проектуванні геологорозвідувальних робіт у межах регіону для зменшення негативного їх впливу на геодинамічний стан геологічного середовища в частині мінімізації або уникнення сейсмонебезпечності при проведенні гідророзриву пласта.

Проблема та її зв'язок з науковими і практичними завданнями. Сьогодні значна увага приділяється проблемі видобутку вуглеводневого газу зі слабопроникних (сланцюватих) товщ. Протягом останніх років з'явилися численні повідомлення щодо ресурсів газу слабопроникних товщ, які визначаються у трильйонах кубічних метрів на території США, Європи, в тому числі й України. Відповідно до опублікованих даних Європейського центру з питань безпеки енергетики та ресурсів (EUCERS), ресурси такого газу в Європі становлять понад 17 трлн. м³.

Пошуки, розвідка та видобуток вуглеводневого газу зі слабопроникних порід-колекторів в Україні, як і в Європі, ускладнюються багатьма чинниками. Головним є дуже слабка дослідженість покладів такого газу як на території України, так і Європи в цілому, Крім того, враховуючи підвищену щільність населення Європи, зокрема й України, та складність структурно-тектонічної будови їх території порівняно з територією США, особливого значення

набувають проблеми екологічної безпеки геологічного середовища, пов'язані, зокрема, з використанням технології багатоступінчастого гідророзриву пласта, що може призвести до порушення екологічної рівноваги геологічного середовища та забруднення підземних вод і джерел водопостачання. Слід також зауважити, що території США, де інтенсивно видобувається вуглеводневий газ зі слабопроникних порід-колекторів, до цього часу були майже не розбурені, а на території України, особливо Карпатського регіону, пробурені до п'яти тисяч свердловин різної глибини і з неоднаковим ступенем герметичності обсадних колон, що визначатиме рівень екологічної безпеки геологічного середовища при пошуково-розвідувальних роботах [20].

Аналіз досліджень і публікацій. Основним потенційно небезпечним технологічним процесом при пошуках та освоєнні газу слабопроникних порід-колекторів є гідравлічний розрив пласта (ГРП). У зв'язку з цим необхідно провести аналіз можливих небезпек, які можуть

виникнути внаслідок проведення вище зазначених операцій. Зокрема, потенційному еколого-техногенному впливу при проведенні пошуково-розвідувальних робіт, а також при гідравлічному розриві пластів, можуть піддаватись ґрунтовий покрив, поверхневі та підземні води, атмосферне приземне повітря та верхня частина літосфери.

У світовій практиці нафтогазовидобутку ГРП займає чільне місце серед методів інтенсифікації припливу нафти і газу до свердловин та збільшення їх видобутих об'ємів [9]. Тому вже майже 70 років постійно розвивається техніка і технологія ГРП, внаслідок чого вони зазнали суттєвих змін. Для контролю за розкриттям і розвитком тріщин останнім часом у світовій практиці ГРП застосовують теорію К.Нольта [23], використання якої стало можливим тільки після застосування сучасних комп'ютерних засобів та вимірювальних приладів за відповідними параметрами.

Гідророзрив пласта або фрекінг використовується з 1866 р. Але якщо до 1947 р. для розриву пласта застосовували вибухові речовини, то сьогодні небезпека фрекінгу зведена до мінімуму. Місце чорного пороху та нітрогліцерину, що використовувались на зорі нафтової ери, зайняли вода і гель з дозволеними державою хімічними добавками, концентрації яких значно нижчі гранично допустимих. Сучасні технології фрекінгу започатковані в 1947 р., коли в США були проведені два перших комерційних гідророзриви.

Вперше у нафтовій промисловості гідравлічний розрив пласта був проведений у 1947 році в Сполучених Штатах Америки [21]. Технологія й теоретичні уявлення про процес гідравлічного розриву пласта описані в роботах [1, 2, 9], а вже до 1968 року в світі були проведені понад мільйон таких операцій.

З метою застосування потужних гідравлічних розривів пласта (ПГРП) на родовищах України, ПАТ «Укрнафта» в 1996 р. придбало комплект спецтехніки для ГРП і матеріали американської фірми «Stewart & Stevenson». Дані про основні параметри ПГРП (тиск нагнітання, сумарна витрата агрегатів, густина пульпи, сумарний об'єм закачуваної рідини, число обертів шнека) представляються графіч-

но і в цифровому вигляді на екрані комп'ютера, заносяться до його пам'яті та використовуються для аналізу в реальному часі процесу проведення ПГРП. До поточного часу працівники ПАТ «Укрнафта» виконали понад 350 свердловинних операцій з гідророзриву пластів, у 2013 році – 50, у 2014 році планувалось збільшити кількість операцій. У 44 свердловинах ГРП були виконані повторно [8].

Процеси гідророзриву, зазвичай, відбуваються при тиску 50-60 МПа, кілька процесів відбувались при тиску 95 МПа. Вибійний тиск при цьому в глибоких свердловинах перевищує 100 МПа. За таких умов, за результатами дослідження близько 100 свердловин, не був встановлений розвиток тріщин за межі інтервалу перфорації, з допуском 5-7 метрів, залежно від умов покриток тощо, не виявлено також розрив колони під пакером [8].

Будь-яка рідина для гідророзриву допускається до використання тільки за умови, що вона відповідає нормам гранично допустимих концентрацій кожного реагенту. Перед використанням рідини в лабораторних умовах проводяться дослідження, за його результатами готується рідина на свердловині. Є застереження стосовно окремих реагентів (наприклад, окислювачів), але немає застережень стосовно рідини в цілому. Також існують правила техніки безпеки з виконання робіт, яких необхідно дотримуватись. На підприємствах ПАТ «Укрнафта» ексцесів не було, випадків негативного впливу рідини на людину та довкілля не встановлено [8].

В Україні застосування ГРП розпочалось на Бориславському родовищі в 1954-55 рр. В якості рідини розриву використовувалась товарна нафта при малих витратах, закріплення тріщин проводили піском з концентрацією його в рідині до 50 кг/м^3 , із загальною масою до 3000 кг. Описаний і детально проаналізований проведений вперше Е.Чекалюком ГРП у свердловині 4-Помярки на глибині 1530 м.

Сьогодні успішність і ефективність ГРП залежить від правильної інтерпретації його перебігу та оперативного прийняття правильних рішень при зміні параметрів процесу.

Важливим геологічним чинником екологічної безпеки геологорозвідувальних робіт на газ

слабопроникних порід-колекторів, а також проведення ГРП у загальному є можлива техногенна сейсмоактивність території.

В складних геологічних умовах Карпатського регіону геологорозвідувальні роботи супроводжуються різними ускладненнями та аваріями, серед яких важливу роль відіграють пошкодження експлуатаційних та інших колон у свердловинах. Зім'яття колон відбувається, головним чином, у пластичних, соленосних або тріщинуватих породах. Основними причинами виникнення пластичних деформацій глинистих і тріщинуватих порід можуть бути прояви тектонічних рухів, зумовлені як геодинамічними процесами, так і результатами порушення людиною енергетичної рівноваги геологічного середовища при бурінні свердловин та розробці родовищ вуглеводнів.

Причини деформації масивів гірських порід, проблеми порушення цілісності експлуатаційних колон свердловин досліджені в роботах В.М.Добриніна, Н.Н.Павлова, Ю.П.Желтова, Ф.І.Котяхова, В.А.Сидорова, Р.М.Новосілецького, О.Д.Гусейн-Заде, А.А.Федорова, Я.С.Коцкулича та ін. [3-7, 10, 11, 14-18].

Постановка завдання. Враховуючи зазначене вище, сьогодні існує необхідність детальнішого розгляду причин змін геологічного середовища при проведенні ГРП та їх наслідків, особливо в Карпатському та інших регіонах, де вже пробурена значна кількість свердловин. Особливу увагу слід звернути на пошуки найбільш раціональних та дієвих шляхів попередження деформацій як масивів гірських порід, так і колон свердловин.

Викладення матеріалу та результати. Початковою руйнівною силою зсувів і деформацій масиву гірських порід є їх первинний 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 масивів гірських порід під дією тектонічних процесів, на думку О.Д.Гусейн-Заде [3], призводить до утворення внутрішньооб'ємних напруг, релаксація яких викликає пружну і пластичну деформацію зерен, їх зміщення одне відносно одно-

го. На нашу думку, можна виділити три види деформацій, які виникають внаслідок прояву тектонічних рухів, пов'язаних з геодинамікою складчастих споруд, якими є Українські Карпати: пружний згин пластів, пластична деформація глинистих порід, тектонічне зміщення пластів. У процесі буріння і випробування свердловин внаслідок взаємодії порід з буровим розчином відбувається набухання глинистих порід. Тому можливе виникнення таких деформацій: підняття вищезалягаючого масиву порід, тектонічний зсув і осипання порід навколо зони набухання.

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

- в процесі розробки покладів відбувається зниження пластового тиску, з яким пов'язане ущільнення колектора із зміною пористості, що в свою чергу спричиняє зсув масиву порід над покладом, за рахунок чого виникають вертикальні й горизонтальні деформації геологічного середовища;

- при застосуванні методів дії на пласт (розкриття, випробування, особливо гідророзрив) відбувається короткочасне підвищення або зниження пластового тиску, що призводить до аналогічних до першого пункту деформацій (особливо це стосується видобування сланцевого газу);

- підтримання пластового тиску нагнітанням води зумовлює значну зміну температури в покладі та вище залягаючих породах, що впливає на текучість глинистих і соленосних порід;

- внаслідок надмірних або раптових (аварійне фонтанування, тощо) відборів рідини з покладу і значного падіння пластового тиску можливе осідання земної поверхні;

- в результаті нагнітання до покладу води для підтримання пластового тиску можливе набухання залягаючих вище глинистих порід і підняття земної поверхні.

Найбільшої уваги та детальних досліджень цей чинник заслуговує в регіонах з розвинутою мережею тектонічних порушень (незалежно від того, чи вони поперечні, чи поздовжні, чи мають інше орієнтування) і наявністю міс-

цевих джерел землетрусів. Важливим завданням при цьому є якнайточніше трасування вказаних тектонічних порушень та врахування їх розташування при проектуванні робіт з гідророзриву пласта, оскільки нехтування таких даних може призвести до ймовірних незначних землетрусів. Також необхідно враховувати пружно-деформований стан гірських порід.

Гранична магнітуда землетрусу, викликаною нагнітанням рідини до зони розлому, склала 5,5 (до 7,5 балів шкали MSK-64). Але це сталося у 1967 р. в американських Склеястих горах, коли про використання гідророзриву при видобутку газу сланцюватих порід мова навіть не йшла. За даними Британської геологічної служби (BGS), максимальна магнітуда коливань внаслідок гідророзриву становить 2,3 і 1,5 (родовище Bowland Shale, Великобританія), що приблизно відповідає відчуттям людей від проїжджаючого поруч швидкісного трамваю. При цьому сила зазначених землетрусів була на один-два бали вищою ніж зазвичай.

Хоча на теренах України проведено десятки тисяч ГРП, під час яких не було зафіксовано жодного випадку підвищення сейсмоактивності території та незважаючи на наведені вище відомі одиничні приклади сейсмічної небезпеки від нагнітання рідини до зон розломів, для досліджуваного нами Карпатського регіону це питання є вагомим і актуальним, оскільки, як відомо, Українські Карпати розбиті численною кількістю як регіональних, так і локальних тектонічних порушень, а вся Карпатська гірсько-складчаста споруда є системою насунутих лусок (скиб).

Розривні порушення відіграють двояку роль у міграції флюїдів та формуванні і збереженні родовищ вуглеводнів, оскільки вони в одних місцях виступають як провідники, в інших – як екрани.

Одним з показників, які характеризують геолого-структурну стійкість геологічного середовища, що впливає на ступінь екологічної безпеки пошуково-розвідувальних робіт, є модуль щільності тектонічної порушеності.

Показник модуля щільності тектонічної порушеності (або питома щільність тектонічних порушень) відображає міру ускладненості геологічної структури тектонічними порушеннями.

Крім цього, нами пропонується за цим показником визначати геолого-структурну стійкість газоперспективного пласта слабопроникних верхньокрейдових відкладів окремих структур Карпатського регіону, що встановлюватиме ступінь екологічної безпеки пошуково-розвідувальних робіт на досліджуваних площах.

Модуль щільності тектонічної порушеності ($Ш_{m.n.}$) визначається як відношення сумарної довжини всіх розривних дислокацій, що ускладнюють структуру (в тому числі включаючи насуви, які обмежують складку в поздовжньому напрямку), до площі структури:

$$Ш_{m.n.} = \frac{L}{S},$$

де:

L – довжина тектонічних порушень, що ускладнюють складку, км;

S – площа структури, км².

На підставі побудованих нами моделей геологічної будови окремих газоперспективних структур Карпатського регіону, опублікованих раніше [12, 13, 19], та наведених вище матеріалів, був теоретично та експериментально обґрунтований показник модуля щільності тектонічної порушеності для конкретних випадків (табл. 1), отримані результати показані на рис. 1.

Отже, за показником модуля щільності тектонічної порушеності вперше виконано ранжування окремих перспективних структур Карпатського регіону. За ступенем екологічної безпеки пошуково-розвідувальних робіт геологічні структури розташовані в ряду зростання: Вигода-Витвицька, Тарасівська, Максимівська, Мізунська.

Висновки та напрямок подальших досліджень. Проаналізувавши наведене вище, автори виділили такі основні геологічні чинники, які необхідно враховувати при проектуванні геологорозвідувальних робіт у Карпатському регіоні для зменшення їх негативного впливу на геодинамічний стан геологічного середовища в частині мінімізації або уникнення сей-

смонтебезпе́чності при проведенні гідророзриву пласта.

1. Трасування тектонічних порушень різної геометрії та генезису, що необхідно разом з іншими умовами враховувати при виборі точки закладання проектної свердловини. Якщо ж

ГРП проектується в уже пробуреній свердловині, то розташування тектонічних порушень необхідно враховувати при моделюванні радіусу зони проникнення техногенних тріщин.

Таблиця 1.

Вихідні та розрахункові дані при визначенні модуля щільності тектонічної порушеності окремих структур Карпатського регіону

Назва структур	Довжина тектонічних порушень, що ускладнюють складку, км	Площа структури, км ²	Модуль щільності тектонічної порушеності, км/км ²
Вигода-Витвицька	35,067	34,400	1,019
Тарасівська	17,450	17,518	0,996
Максимівська	22,050	27,300	0,808
Мізунська	13,600	20,910	0,650

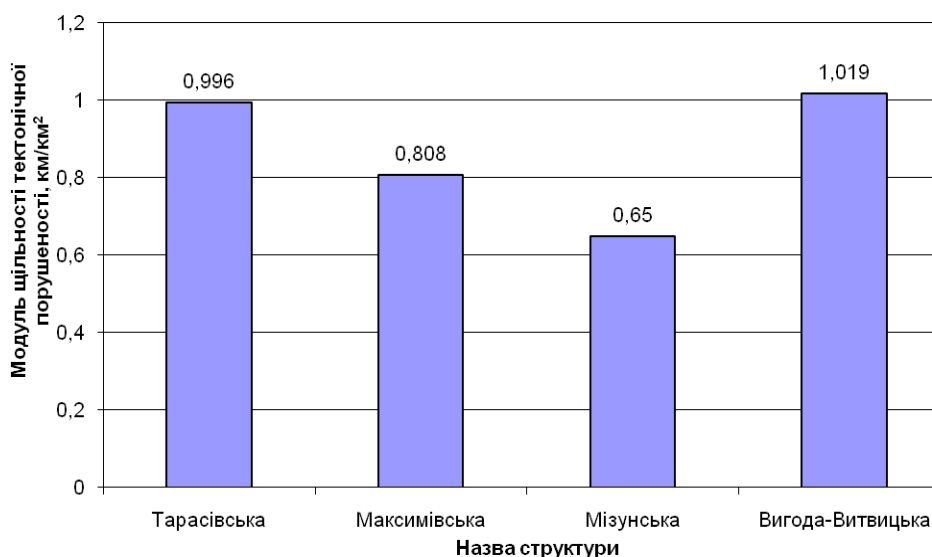


Рис. 1. Значення модуля щільності тектонічної порушеності масивів гірських порід окремих газоперспективних структур Карпатського регіону.

2. Всебічне та детальне дослідження фільтраційно-ємнісних та механічних властивостей верхньокрейдових порід та їх зміни за площею поширення, що зумовлюватиме параметри моделювання процесу гідророзриву пласта у частині горизонтального радіусу зони проникнення тріщин у пласті та проектного тиску гідравлічного розриву.

3. Вивчення особливостей просторового розподілу проникності та тріщинуватості продуктивних пластів, а також радіусу проникнення тріщин при проведенні моделювання гідророзриву пласта, що визначатиме об'єм закачуваної

у пласт рідини для гідророзриву та необхідної кількості пропанту.

4. Проведення комплексних геолого-геофізичних досліджень у свердловинах з метою визначення якості обсадження та цементування усіх типів колон у них.

Для раціонального проведення ГРП необхідно детально вивчати геологічні чинники. І якщо результати сейсмічних досліджень вкажуть на можливий ризик землетрусів, то від проведення ГРП у межах цієї території краще відмовитись. Також необхідно погодитись з тезою [22], що якісний моніторинг – найкра-

щий спосіб попередження можливої сейсмічної активності.

Необхідно раціонально підходити до вибору методів і засобів пошуків та розвідки покладів вуглеводневого газу в слабопроникних породах-колекторах та враховувати важливе завдання – попередження різних деформацій як масиву гірських порід, так і колон свердловин для максимального збереження екологічної рівноваги геологічного середовища.

ЛІТЕРАТУРА

1. **Басарыгин Ю.М., Будников В.Ф., Булатов А.И., Яремийчук Р.С.** Исследование факторов и реализация мер долговременной эксплуатации нефтяных и газовых скважин. Гидроразрыв пласта // Краснодар: Просвещение, 2004.– Т.4, кн. 2.– 357 с.

2. **Булатов А.И., Качмар Ю.Д., Макаренко П.П., Яремийчук Р.С.** Освоение скважин // Москва: Недра, 1999.– 472 с.

3. **Гусейн-Заде О.Д.** Исследование современных движений земной коры на разрабатываемых нефтегазовых месторождениях в условиях тектонической активности // Геология нефти и газа.– 1988.– №10.– С. 47-49.

4. **Гусейн-Заде О.Д.** Связь вертикальной зональности распространения современных движений земной коры с характером глубинного распределения случаев слома обсадных колонн на нефтегазовых месторождениях // Геология нефти и газа.– 1992.– №5.– С. 42-44.

5. **Гусейн-Заде О.Д., Агдамский М.А., Нариманов Н.Р.** Влияние современных движений земной коры на искривление и слом эксплуатационных колонн при разработке нефтегазовых месторождений // Азербайджанское народное хозяйство.– 1984.– № 5.– С. 22-25.

6. **Добрынин В.М.** Деформации и изменения физических свойств коллекторов нефти и газа // Москва: Недра, 1970.– 239 с.

7. **Желтов Ю.П.** Деформации горных пород // Москва: Недра, 1966.– 198 с.

8. Интернет-ресурс: <http://oilreview.kiev.ua/2013/03/09/eto-strashnoe-slovo-freking>.

9. **Каневская Р.Д.** Зарубежный и отечественный опыт применения гидроразрыва пласта // Москва: ВНИИОЭНГ, 1998.– 40 с.

10. **Котяхов Ф.И.** Физика нефтяных и газовых коллекторов // Москва: Недра, 1977.– 287 с.

11. **Коцкулич Я.С., Ковбасюк І.М.** Про вплив геолого-технічних факторів на довговічність обсадних колон // Нафтова і газова промисловість.– 1997.– № 4.– С. 19-20.

12. **Маєвський Б.Й., Куровець С.С., Хомин В.Р., Здерка Т.В.** Щодо природи сланцевого газу і ефективності його пошуків // Нафтова і газова промисловість.– 2012.– № 3.– С. 50-54.

13. **Мончак Л.С., Хомин В.Р., Маєвський Б.Й. та ін.** Газ шаруватих низькопористих верхньокрейдових порід (сланцевий газ) Скибових Карпат // Геолог України.– 2012.– № 4.– С. 56-62.

14. **Новосилецкий Р.М.** АВПД – основной фактор формирования складчатости и залежей углеводородов / Флюидодинамический фактор в тектонике и нефтегазоносности осадочных бассейнов // Москва: Наука, 1989.– С. 159-166.

15. **Павлова Н.Н.** Деформационные и коллекторские свойства горных пород // Москва: Недра, 1975.– 240 с.

16. **Сидоров В.А., Богдасарова М.В., Антасян А.В. и др.** Современная геодинамика и нефтегазоносность // Москва: Наука, 1989.– 200 с.

17. **Федоров А.А., Коцкулич Я.С.** О классификации поврежденных обсадных колонн и их причинах // Нефтепромысловые трубы (ВНИИТнефть, Куйбышев).– 1974.– № 4.– С. 68-72.

18. **Федоров А.А., Коцкулич Я.С. и др.** Анализ причин повреждений обсадных колонн в эксплуатационных скважинах месторождений Прикарпатья // Разведка и разработка нефтяных и газовых месторождений (РНТС).– 1976.– № 3.– С. 19-21.

19. **Хомин В.Р., Клюка А.Р., Мончак Л.С.** Про перспективи відкриття покладів сланцевого газу на Прикарпатті // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ.– 2013.– №1(46).– С. 13-21.

20. **Хомин В.Р., Маєвський Б.Й., Шкіца Л.Є., Челядин Л.І.** Окремі аспекти екологічної безпеки геологічного середовища при пошуках та видобутку сланцевого газу // Науковий віс-

ник НЛТУ України.– 2013.– Вип. 23.3.– С. 92-97.

21. **Clark J.B.** Hydraulic process for increasing productivity of wells // *Trans. AIME.*– 1949.– V. 186.– P. 1-8.

22. *Gol Rules for Golden Age of Gas. World Energy Outlook. Special Report on Unconven-*

tional Gas // International Energy Agency.– May, 2012.– 150 p.

23. **Nolte K.G., Smith M.B.** Interpretation of Fracturing Pressures // *J. Perf. Techn.*, 1981.– V. 33.–№ 9.– P. 1767-1775.

ХОМИН В.Р., ПАЛІЙЧУК О.В. Зміни геологічного середовища при проведенні гідророзривів пластів та заходи з його захисту в Карпатському регіоні.

Резюме. Пошуки, розвідка та видобуток вуглеводневого газу зі слабопроникиних (сланцюватих) гірських порід як в Україні, так і в Європі ускладнені слабкою вивченістю таких покладів. Враховуючи складність структурно-тектонічної будови території України, особливого значення набувають проблеми екологічної безпеки геологічного середовища. Вони пов'язані, зокрема, з використанням технології багатоступінчастого гідророзриву пласта, що може призвести до порушення екологічної рівноваги геологічного середовища та забруднення підземних вод і джерел водопостачання, атмосферного приземного повітря. Важливим чинником є техногенна сейсмоактивність території проведення робіт. Тому необхідний детальний розгляд причин зміни геологічного середовища при проведенні гідророзривів пластів та їх наслідків, особливо у районах, де пробурена значна кількість свердловин, що спостерігаємо в Карпатському регіоні. Особливу увагу слід звернути на пошуки ефективних шляхів попередження деформацій як масивів гірських порід, так і колон свердловин. Автори виділили основні геологічні чинники, які необхідно враховувати при проектуванні геологорозвідувальних робіт у Карпатському регіоні для зменшення їх негативного впливу на геодинамічний стан геологічного середовища, мінімізації або уникнення сейсмонебезпечності під час проведення гідророзривів пластів.

Ключові слова: Карпати, родовища вуглеводневого газу, слабопроникині породи-колектори, деформація масивів гірських порід, екологічна безпека.

ХОМИН В.Р., ПАЛІЙЧУК О.В. Изменения геологической среды при проведении гидроразрывов пластов и мероприятия по ее защите в Карпатском регионе.

Резюме. Поиски, разведка и добыча углеводородного газа из слабо проницаемых (сланцеватых) пород как в Украине, так и в Европе усложнена слабой изученностью таких залежей. Учитывая сложность структурно-тектонического строения территории Украины, особое значение приобретают проблемы экологической безопасности геологической среды. Они связаны, в частности, с использованием технологии многоступенчатого гидроразрыва пласта, что может привести к нарушению экологического равновесия геологической среды и загрязнению подземных вод и источников водоснабжения, атмосферного приземного воздуха. Важным фактором является техногенная сейсмоактивность территории проведения работ. Поэтому необходимо детального рассмотрения причин изменения геологической среды при проведении гидроразрывов пластов и их последствий, особенно в районах, где пробурено значительное количество скважин, что наблюдаем в Карпатском регионе. Особое внимание необходимо обратить на поиски эффективных путей предупреждения деформаций как массивов горных пород, так и колонн скважин. Авторы выделили основные геологические факторы, которые необходимо учитывать при проектировании геологоразведочных работ в Карпатском регионе для уменьшения их негативного влияния на геодинамическое состояние геологической среды, минимизации или предотвращения сейсмоопасности при проведении гидроразрывов пластов.

Ключевые слова: Карпаты, месторождения углеводородного газа, слабопроницаемые породы-коллекторы, деформация массивов горных пород, экологическая безопасность.

KHOMYN V.P., PALYCHUK O.V. Geological environment changes when carrying out hydraulic fracturing and its protection measures at the Carpathian region.

Summary. Much attention is given to hydrocarbon gas extraction from low permeability (shaly) rock mass nowadays. After the data of last numerous communications its resources in the USA, Europe states, including Ukraine, amount to trillions of cubic meters.

Hydraulic fracturing is major potential dangerous technocratic process resulting from searching for, exploring and exploiting natural gas deposits in low permeability rocks-reservoirs. When carrying it out soil cover, surface and subsurface waters, atmospheric air and upper part of lithosphere can be subjected to negative ecological technogenic influence. In this connection detailed analysis of potential danger that may appear as the result of the operation is necessary.

Hydraulic fracturing is often used for intensification of oil and gas influx to wells and for increase in their extraction worldwide. Due to this there exists a necessity of detailed studies of geological environment when carrying out hydraulic fracturing and their consequences. It is particularly important for the areas where a considerable number of wells have been drilled. The Carpathian region, where search for efficient ways for deformation prevention for both rock massif and well columns is important, is one of them.

The authors have analyzed geological and ecological risks, connected with hydraulic fracturing of seams for extracting hydrocarbon gas from low permeability rocks-reservoir of the Carpathian region and have concluded that it is necessary to take into account tectonic disturbance, geodynamical background, seismic and other geophysical indexes for obtaining objective assessments for geological massifs condition.

One of the parameters characterizing geological and structural stability of geological environment influencing the degree of ecological safety of geological prospecting and exploration, is module of density of tectonic disturbance of a geological object. The value of the object (or specific density of tectonic disturbances) shows the rate of its geological structure complication by tectonic disturbances. Besides, the authors suggest determining geological structure stability for potential gas seam of low permeability sedimentary rocks of Upper Cretaceous for separate geological objects of the Carpathian region, to define ecological safety degree for prospecting and exploration works within limits of studied areas after this indicator.

The authors fulfilled ranking of separate prospective areas of the Carpathian region after stability of geological structure of the potential gas sea in order to determine the rate of ecological safety for prospecting and exploration works. It is proved that the geological structures studied by the authors are in the following ascending order according to the degree of environmental safety of the works: Vygoda-Vytyvska, Tarasivska, Maksymivska, Mizunska.

On the basis of obtained data the authors have determined the main geological factors to take into consideration when projecting prospecting and exploration works in the Carpathian region to reduce their negative impact on the geodynamic state of the geological environment in terms of minimizing or avoiding seismic hazard in the course of hydraulic fracturing.

Key words: the Carpathians, hydrocarbon gas deposits, low permeable gas reservoir rocks, deformation of the rock massifs, environmental safety.

*Надійшла до редакції 29 грудня 2014 р.
Представив до публікації доц. Є.В.Євтехов.*