

553.981
X 76

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ІВАНО-ФРАНКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ НАФТИ І ГАЗУ



ХОМИН ВОЛОДИМИР РОМАНОВИЧ

(502,175+504,61):553,981+
553,981(043)

УДК 553.981, 502.171:502.52

X76

**ГЕОЕКОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ ПОШУКУ
ВУГЛЕВОДНЕВОГО ГАЗУ В СЛАБОПРОНИКНИХ
ПОРОДАХ-КОЛЕКТОРАХ КАРПАТСЬКОГО РЕГІОНУ**

21.06.01 – екологічна безпека

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора геологічних наук

Івано-Франківськ – 2013

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Івано-Франківському національному технічному університеті нафти і газу Міністерства освіти і науки України.



Науковий консультант:

Шкіца Леся Євстахіївна – доктор технічних наук, професор, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу Міністерства освіти і науки України, завідувач кафедри інженерної та комп'ютерної графіки.

Офіційні опоненти:

Долін Віктор Володимирович – доктор геологічних наук, старший науковий співробітник, ДУ “Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України”, завідувач відділу біогеохімії;

Рудько Георгій Ілліч – доктор технічних наук, доктор геолого-мінералогічних наук, доктор географічних наук, професор, Державна комісія України по запасах корисних копалин, голова;

Нестеренко Микола Юрійович – доктор геологічних наук, старший науковий співробітник, Львівський комплексний науково-дослідний центр УкрНДІгазу, провідний науковий співробітник.

Захист дисертації відбудеться “ 01 ” листопада 2013 р. о 10 год. 30 хв. на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 20.052.05 при Івано-Франківському національному технічному університеті нафти і газу за адресою: 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15.

З дисертацією можна ознайомитись у науково-технічній бібліотеці Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу за адресою: 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15.

Автореферат розісланий “ 27 ” вересня 2013 р.

Учений секретар
спеціалізованої вченої
ради Д 20.052.05

Д.Д. Федоришин



АГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

еми. На сьогодні у світі значна увага приділяється проблемі видобутку вуглеводневого газу зі сланцевих товщ. За останні роки з'явилися окремі публікації та численні повідомлення щодо ресурсів газу слабопроникних сланцевих товщ, що визначаються у трильйонах кубічних метрів на території США, Європи, у тому числі і на території України. Відповідно до опублікованих даних Європейського центру з питань безпеки енергетики і ресурсів (EUCERS) ресурси такого газу у Європі становлять понад 17,7 трлн м³.

Пошуки, розвідка та видобуток вуглеводневого газу з слабопроникних порід-колекторів в Україні, як і у Європі, ускладнюються багатьма чинниками, головними з яких є те, що поклади такого типу газу як на території України, так і Європи в цілому, майже не досліджені та не вивчені. 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 багатоступінчатого гідророзриву пласта, що може призвести до порушення екологічної рівноваги геологічного середовища та забруднення підземних вод і джерел водопостачання. Також необхідно зауважити і звернути увагу на те, 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, пробурено до п'яти тисяч свердловин різної глибини і з неоднаковим ступенем герметичності обсадних колон, що визначає рівень екологічної безпеки геологічного середовища при пошуково-розвідувальних роботах.

Необхідно зазначити, що численні публікації та дискусії щодо газу слабопроникних порід-колекторів в Україні відрізняються значною розбіжністю в оцінках його ресурсів, що зумовлено складністю структурно-геологічної будови газоперспективних площ та відсутністю реального практичного сучасного досвіду пошуку, розвідки та видобутку вуглеводнів зі слабопроникних порід. Недостатня саме наукова вивченість цієї проблеми актуалізує дослідження газоперспективних відкладів з метою встановлення їх поширення та оцінки потенціалу, а також екологічних наслідків пошуку та видобування газу з такого типу порід-колекторів. Стрімкий розвиток сучасних технологій щодо пошуку та видобування газу зі слабопроникних порід дозволяє по новому підійти до вивчення структурно-геологічної будови надр України.

Таким чином, освоєння ресурсів вуглеводневого газу в слабопроникних відкладах, зокрема і Карпатського регіону, може суттєво підвищити паливно-енергетичне забезпечення України власною сировиною. Проте, разом з цим, необхідні цілеспрямовані наукові та експериментальні дослідження з визначення рівня екологічної безпеки освоєння ресурсів вуглеводневого газу в слабопроникних породах-колекторах та попередження і мінімізації негативного впливу на екологічний стан геологічного середовища, що і визначає актуальність даної роботи.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Науковий напрямок дисертаційної роботи відповідає "Державній програмі розвитку внутрішнього виробництва", що затверджена Постановою Кабінету Міністрів України від 12 вересня 2011 р. за № 1130.

an 2403 - an 2404

Дослідження, на яких базується дисертаційна робота, відповідають напрямку наукової діяльності Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу (ІФНТУНГ). Дисертаційна робота виконувалась згідно з тематикою науково-дослідницької роботи кафедри геології та розвідки нафтових і газових родовищ ІФНТУНГ з проблем “Нафтогазогеологічні дослідження надр України” та “Геологічна будова і перспективи нафтогазоносності надр України”.

Обраний напрям досліджень є складовою частиною держбюджетних тем Д-8-04-Ф “Геологічні чинники впливу на ємнісно-фільтраційні властивості та нафтогазоносність порід-колекторів Передкарпатського прогину” (державний реєстраційний № 0104U004086) і Д-7-10-Ф “Наукові засади прогнозування перспектив нафтогазоносності глибокозанурених осадових басейнів” (державний реєстраційний № 0110U000117) Науково-дослідного інституту нафтогазових технологій ІФНТУНГ, що виконувались на кафедрі геології та розвідки нафтових і газових родовищ ІФНТУНГ і в яких автор брав безпосередню участь у частині аналізу, дослідження та обґрунтування геологічної будови і перспектив газоносності флішових утворень Українських Карпат та Передкарпатського прогину. Наукові та методологічні засади екологічної безпеки пошуково-розвідувальних робіт на газ сланцюватих порід Карпатського регіону досліджені в рамках проекту Ф47/069 науково-дослідної роботи “Удосконалення методів зменшення техногенного забруднення навколишнього середовища нафтогазових комплексів” (державний реєстраційний № 0112U006827).

Мета і завдання дослідження. Метою дисертаційної роботи є обґрунтування еколого-геологічної безпеки пошукових робіт на вуглеводневий газ у слабопроникних флішових відкладах Карпатського регіону та можливості освоєння їх ресурсів.

Для досягнення поставленої мети вирішувалися такі завдання:

- проаналізувати стан геологічної вивченості і обґрунтувати напрями досліджень перспектив нафтогазоносності слабопроникних відкладів перспективних ділянок Карпатського регіону та проаналізувати стан проблеми захисту та раціонального використання геологічного середовища при проведенні пошуково-розвідувальних робіт;

- вивчити геологічні умови формування і літолого-петрографічні характеристики слабопроникних порід-колекторів флішових верхньокрейдових відкладів та порівняти їх з газоносними сланцюватими товщами світових нафтогазоносних басейнів;

- дослідити та обґрунтувати перспективи газоносності слабопроникних порід Карпатського регіону;

- виділити та вивчити геологічні чинники, які найбільше впливають на рівень екологічної безпеки при пошуках вуглеводневого газу слабопроникних порід-колекторів;

- обґрунтувати геологічні засади підвищення рівня екологічної безпеки та раціонального використання вуглеводневих ресурсів слабопроникних порід-колекторів.

Об'єкт дослідження. Процес пошуку покладів вуглеводневих газів у слабопроникних флішових відкладах Карпатського регіону та екологічна безпека його проведення.

Предмет дослідження. Слабопроникні флішові відклади Карпатського регіону, перспективи їх газонасності та екологічна безпека пошуково-розвідувальних робіт.

Методи дослідження. Для теоретичних досліджень використовувався системний аналіз газонасних геологічних структур та моделювання процесів їх формування, систематизація геологічної та геофізичної інформації, комплексний структурно-тектонічний та літолого-фаціальний аналізи, метод порівняльних аналогій, мікроскопічні дослідження порід-колекторів. Картографічне моделювання покладено в основу створення моделей геологічної будови досліджуваних площ. Методи геофізичних досліджень свердловин дозволили виділити пласти та прошарки різного літологічного складу, обґрунтувати стратиграфічні границі досліджуваних відкладів з слабопроникними породами-колекторами, проводити кореляцію розрізів свердловин. Методологічну основу дослідження складає концепція еколого-геологічної безпеки техногенних змін геологічного середовища, що ґрунтується на положеннях екологічної геології, геоекології та використанні екологічного, геосистемного та інших підходів, а також методів аналізу і синтезу, індукції і дедукції.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у такому:

- вперше у регіональному плані науково доведено і встановлено закономірності чергування та локалізації аргілітових і піщано-аргілітових пачок у розрізі слабопроникних флішових верхньокрейдових відкладів Карпатського регіону за результатами переінтерпретації даних геофізичних досліджень свердловин, макрота мікроскопічних описів зразків порід з відслонень і керну та вивчення їх літологічних особливостей; виділені піщано-аргілітові пачки товщиною 150-200 м, у складі яких поширені слабопроникні породи-колектори, перспективні у газонасному відношенні, а аргілітові пачки товщиною 200-220 м є флюїдоупорами;

- вперше науково обґрунтовано методологію вибору інтервалів для перфорування та гідравлічного розриву аргілітових прошарків газонерспективних піщано-аргілітових пачок у слабопроникних тонкошаруватих верхньокрейдових відкладах за комплексом геолого-геофізичних і геомеханічних параметрів, де окрема піщано-аргілітова пачка розглядається як єдиний експлуатаційний об'єкт;

- вперше виконано ранжування окремих перспективних структур Карпатського регіону за показником модуля щільності тектонічної порушеності, що визначає геолого-структурну стійкість газоперспективного пласта у слабопроникних верхньокрейдових відкладах; за ступенем екологічної безпеки пошуково-розвідувальних робіт геологічні структури розташовуються у ряду зростання: Вигода-Витвицька, Тарасівська, Максимівська, Мізунська;

- вперше для слабопроникних порід-колекторів Карпатського регіону встановлено граничні межі фільтраційно-ємнісних, геомеханічних та геолого-геофізичних параметрів, що визначають екологічно безпечне проведення гідророзриву пласта;

- вперше розроблено наукові засади екологічного моніторингу для оцінки впливу процесу гідравлічного розриву газоперспективних пластів у слабопроникних

флішових відкладах на підземну і поверхневу гідросферу, педосферу та атмосферу; стабільність моніторингових робіт визначено відповідно до технологічної схеми проведення гідророзриву пластів з урахуванням хімічного складу забруднюючих речовин, їх атмо-водно-міграційної здатності, екотоксичності та асиміляційного потенціалу.

Практичне значення отриманих результатів.

Узагальнення, систематизація та аналіз нових і переінтерпретація більш ранніх геолого-геофізичних матеріалів та результатів глибокого буріння дозволили обґрунтувати модель геологічної будови слабопроникних флішових відкладів Карпатського регіону та техніко-геологічні умови розкриття і випробування таких відкладів, що сприятиме підвищенню достовірності прогнозування нафтогазоносності надр, та виділити першочергові глибокозанурені нафтогазоперспективні об'єкти для проведення детальних геолого-геофізичних робіт та параметричного буріння.

Результати досліджень дозволять значно підвищити ефективність пошуково-розвідувальних робіт на газ та наростити прогнозні ресурси вуглеводнів Карпатської нафтогазоносною провінції, що є вагомим внеском у виконання завдання стабілізації та збільшення нафтогазовидобутку в Україні, а також забезпечення її енергетичної незалежності. Поряд з тим, запропонована методика вибору геологічних об'єктів для застосування вторинних методів дії на пласт та розраховані параметри процесу гідророзриву слабопроникних флішових відкладів Карпатського регіону дають змогу раціональніше підійти до освоєння покладів вуглеводневого газу в слабопроникних породах-колекторах, завдяки чому буде досягнуто підвищення рівня екологічної безпеки при пошуках та видобуванні вуглеводневого газу. Зазначені результати безпосередньо пов'язані та залежні від науково-методичної обґрунтованості та дотримання достатньо високого рівня геологічних і екологічних вимог під час пошуково-розвідувальних робіт.

Особистий внесок здобувача полягає в аналізі стану проблеми, формуванні та розробленні ідеї і теми дисертації, розробленні наукових положень. Здобувачем особисто проаналізовано і узагальнено наявні геолого-геофізичні матеріали і результати буріння у межах Карпатського регіону, на підставі яких уточнено геологічну будову і складено структурні карти, а також геологічні та сейсмогеологічні профілі для окремих газоперспективних об'єктів. Проведено літолого-фаціальні дослідження основних газоперспективних комплексів крейдових відкладів з використанням понад 400 літолого-петрографічних даних лабораторних досліджень керна і шлему та понад 65 шліфів. Проаналізовано та встановлено геологічні чинники, які найбільше впливають на рівень екологічної безпеки опошукування слабопроникних газоносних відкладів та обґрунтовано геологічні засади підвищення рівня екологічної безпеки та раціонального використання геологічного середовища Карпатського регіону.

Апробація результатів дисертації.

Основні результати досліджень і положень дисертаційної роботи доповідались на наукових і науково-технічних конференціях, у тому числі на: Міжнародній науковій конференції "Проблеми геології та нафтогазоносності Карпат" (м. Львів, 26–28 вересня 2006 р.); Міжнародній науково-технічній конференції "Прикладна геологічна наука сьогодні: здобутки та проблеми" (м. Київ, 5–6 липня 2007 р.);

Науковій конференції “Стан і перспективи сучасної геологічної освіти та науки” (м. Львів, 13-15 жовтня 2010 р.); Міжнародній науковій конференції “Сучасні проблеми літології осадових басейнів України та суміжних територій” (м. Київ, 9–11 листопада 2010 р.); Другій міжнародній науково-практичній конференції “Нафтогазова геофізика – інноваційні технології” (м. Івано-Франківськ, 25-28 квітня 2011 р.); Третій Всеукраїнській науковій конференції-школі “Сучасні проблеми геологічних наук” (м. Київ, 12-15 квітня 2011 р.); Четвертій Всеукраїнській науковій конференції-школі “Сучасні проблеми геологічних наук” (м. Київ, 16–20 квітня 2012 р.); Першій Міжнародній науково-практичній конференції “Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування” (м. Івано-Франківськ, 20–22 вересня 2012 р.).

Публікації. За темою дисертаційної роботи опубліковано 34 наукові праці, серед яких 2 монографії у співавторстві, 19 статей у фахових виданнях і 10 тез доповідей наукових конференцій, 3 статті у журналах та збірниках наукових праць.

Обсяг та структура дисертації. Дисертація складається із вступу, 5 розділів, висновків, списку використаних джерел на 37 сторінках, 4 додатків на 16 сторінках. Робота містить 308 сторінок тексту, в тому числі 54 рисунки (36 окремих сторінок), 14 текстових таблиць (9 окремих сторінок).

Автор вважає своїм обов’язком висловити щире подяку науковому консультанту доктору технічних наук, професору Л.С. Шкіці за наукову підтримку при виконанні дисертаційної роботи. Здобувач щиро вдячний доктору геолого-мінералогічних наук, професору Б.Й. Масвському та кандидату геолого-мінералогічних наук, доценту Л.С. Мончаку за професійні поради і практичну допомогу та консультації під час обговорення принципів питань, а також колективу кафедри геології та розвідки нафтових і газових родовищ за сприяння та підтримку при виконанні дисертаційних досліджень.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтована актуальність роботи, викладені мета, ідея та основні завдання досліджень, визначено наукову новизну та практичну цінність, а також результати апробації та реалізації основних положень роботи, вказано загальну характеристику дисертаційного дослідження.

У **першому розділі** проведений огляд вивченості слабопроникних газонесних відкладів на території України та подальших можливостей їх дослідження.

За останні роки з’явилися окремі публікації та численні повідомлення щодо ресурсів нетрадиційного газу, що визначаються у трильйонах кубічних метрів на території США, Європи, у тому числі і на території України.

На території України перспективним регіоном для пошуків такого типу вуглеводневого газу вважається нижньопалеозойський басейн у межах Волино-Подільської плити. Щодо наявності газу сланцевих порід, то перспективними тут вважаються відклади кембрію, ордовику та силуру [20]. Прямою ознакою газонесності розрізу є аномалії, які чітко простежуються на кривих газового

каротажу. При випробуванні свердловини 1-Володимирівська з відкладів силуру було отримано приплив газу дебітом 1400 м³/добу (Локтєв А.В. та ін., 2011).

У Складчастих Карпатах, як і у зоні Кросно, на невеликих глибинах с газонасичені товщі спаської і шипотської світ нижньої крейди, з якими можна пов'язувати перспективи видобування вуглеводневого газу. Окремо необхідно наголосити на перспективах освоєння запасів вуглеводневого газу слабопроникних шаруватих (сланцюватих) верхньокрейдових (стрийських) відкладів Складчастих Карпат. Але при цьому також виникають екологічні ризики та постає потреба ще у проведенні цілеспрямованих додаткових геолого-екологічних досліджень.

Щодо Дніпровсько-Донецької западини, то тут, як відомо, є потужні сланцеві девонсько-кам'яновугільні товщі, які переважно залягають на великих глибинах (понад 4 км).

Газоперспективними слабопроникними відкладами у Карпатського регіоні нами розглядаються породи крейдової системи. Відклади крейдової системи у поперечному перерізі Карпатського регіону займають понад половину об'єму породного масиву, причому основна маса в інтервалі глибин 1,5-3,5 км відповідає відкладам стрийської світи верхнього відділу крейдової системи.

При такому значному об'ємі крейдових відкладів звертає на себе увагу той факт, що дуже незначна кількість науковців звертала увагу на газоресурсний потенціал цих порід. Серед них можна виділити З.В. Ляшевича, Л.М. Кузьмика, Р.І. Бакалу, Г.Н. Короткова, причому їхні дослідження зосередилися переважно на Вигода-Витвицькому родовищі Долинського нафтогазопромислового району. Окремі роботи з вивчення седиментології, літології та тектоніки крейдових відкладів Українських Карпат опубліковано Ю.М. Сеньковським, А.А. Богдановим, Я.Г. Лазаруком, О.Ю. Полутранком, Г.Н. Доленком, В.С. Буровим, В.В. Глушком, О.С. Вяловим, М.Р. Ладиженським, С.С. Кругловим, Ю.З. Крупським, В.А. Ханіним та ін.

Нечисленні факти нафтогазоносності верхньокрейдових, зокрема стрийських, відкладів відомі вже давно. Верхня частина відкладів стрийської світи нафтогазоносна в Битківському, Слобода-Рунгурському та Космацькому (на Покутті), Східницькому та Урицькому родовищах. Нещодавно відкрито нафтовий поклад у стрийських відкладах Верхньомасловецького родовища, що поблизу Борислава. Газоконденсатний поклад виявлено у породах верхньої крейди в склепінній частині Битківської глибинної складки. Протягом 60-70 рр. ХХ ст. за традиційними підходами доведено непромислову газоносність двох піщано-аргілітових пачок на Вигода-Витвицькій площі, а пізніше і на площах Шевченківській, Максимівській і Тарасівській.

Поряд з цим необхідно відзначити, що цілеспрямованих пошуково-розвідувальних робіт (ПРР) на стрийські відклади не проводилося, а факти встановлення промислової і непромислової газоносності вказаних відкладів були супутніми даними при опошуванні палеогенових відкладів Карпатського регіону. Це пояснюється тим, що верхньокрейдіві відклади вважалися низькопористими і слабопроникними і за наявної на той час технології та техніки їх дослідження було економічно неефективним. На сьогодні, коли дослідження слабопроникних газоносних відкладів у зв'язку з можливістю підвищення їх фільтраційних

властивостей та газовилучення є надзвичайно актуальним, зокрема у частині видобування газу із сланцевих порід, внаслідок успіхів у розвитку технології та техніки щодо такого виду робіт. Тому постає необхідність дослідити з точки зору новітніх технологій і перспективи газоносності слабопроникних верхньокрейдових відкладів Українських Карпат, позаяк нарощення запасів вуглеводневого газу та збільшення його видобутку для України є першочерговим завданням на сьогодні та майбутнє.

Що стосується вивчення перспектив газоносності саме сланцюватих порід на території України, то наукове їх дослідження українськими вченими проводиться з кінця XX ст. Серед таких вчених необхідно відзначити праці О.Ю. Лукіна, С.О. Яковлева, Б.Й. Маєвського, О.М. Адаменка, Я.Г. Лазарука, Г.І. Рудька, О.О. Орлова, Ю.З. Крупського, М.І. Павлюка, С.В. Гошовського, А.В. Локтева, І.М. Куровця, В.А. Михайлова, Д.С. Гурського, Е.А. Ставицького, П.С. Голуба, П.М. Чепіля та ін.

Також необхідно зазначити, що під час проведення пошуково-розвідувальних робіт та у процесі видобування вуглеводневих газів завжди є небезпека негативного впливу на екологічний стан геологічного середовища та пов'язані з ним складові навколишнього середовища (гідросфера, приземна атмосфера, біота). Підвищення рівня екологічної безпеки геологічного середовища, як основного об'єкта техногенного впливу при сучасних технологіях дії на продуктивний пласт при видобуванні газу зі слабопроникних сланцевих товщ, є дуже важливим як з наукової, так і з практичної точки зору. Тому аналізуючи публікації та дискусії щодо екологічної безпеки пошуків та видобування газу сланцевих порід в Україні, можна стверджувати, що думки відрізняються значною розбіжністю в оцінках його ресурсів, обґрунтуванні напрямків ПРР, прогнозі екологічних наслідків.

У такому випадку перед нами постало завдання наукового обґрунтування екологічної безпеки технології і чинників дії на газоперспективний пласт при їх сучасному рівні.

У результаті проведеного аналізу фактичних матеріалів і літературних джерел здобувачем [19, 30] обґрунтовано використання системного підходу (рис. 1) до комплексу ПРР та розробки покладів вуглеводневого газу у слабопроникних породах-колекторах, який повинен мати такі основні етапи: геологічна складова, складова екологічної безпеки та складова попередньої геолого-економічної оцінки.

Саме у такому порядку (рис. 1) необхідно ранжувати за важливістю та розглядати вказані складові при відкритті та розробці покладів газу слабопроникних порід-колекторів, які при значних початкових ресурсах вуглеводнів вирізняються складністю їх вилучення та контекстом техногенних впливів на екологічний стан геологічного середовища. Отримавши переконливе обґрунтування перспектив газоносності сланцюватих відкладів та безперечні докази безпечності з екологічної точки зору проведення ПРР, можливим буде перехід до економічного обґрунтування доцільності їх проведення при умові встановлення техніко-технологічних можливостей відкриття та розробки газових покладів у сланцевих товщах в умовах сьогоднішнього за сучасними геолого-економічними показниками ринкової економіки.

Для подальших досліджень було обрано взаємопов'язані перші дві складові.

КОМПЛЕКС ДОСЛІДЖЕНЬ ПРИ ПОШУКОВО-РОЗВІДУВАЛЬНИХ РОБОТАХ НА ВУГЛЕВОДНЕВИЙ ГАЗ У СЛАБОПРОНИКНИХ ПОРОДАХ-КОЛЕКТОРАХ

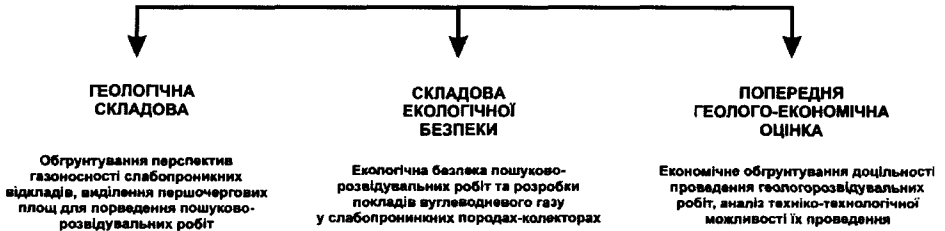


Рис. 1. Системний підхід при дослідженні покладів вуглеводневого газу в слабопроникних породах-колекторах

У другому розділі викладено геологічні засади освоєння ресурсів вуглеводневого газу сланцевих товщ.

Для успішного освоєння ресурсів вуглеводневого газу сланцюватих порід виконано обґрунтування критеріїв їх продуктивності з урахуванням генезису та особливостей його знаходження в останніх. Також при цьому були враховані положення Постанови Кабінету Міністрів України від 06.07.2011 р. № 718 “Про внесення змін до переліку корисних копалин загальнодержавного значення”, в якій додатково внесені окремі типи корисних копалин (газ сланцевих товщ та газ центрально-басейнового типу).

На відміну від традиційних скупчень природного газу, які утворюють у породі-колекторі суцільну фазу, газ сланцевих товщ є переважно розсіяним газом, що приурочений до порово-тріщинних порожнин, пов’язаних з нашаруванням різних літологічних різновидів сланцевих товщ, включно з газом закритих пор і газом сорбованим мінеральною та органічними речовинами [14]. При цьому необхідно розмежовувати такі поняття як природний сланцевий газ і синтетичний сланцевий газ. Останній добувають в результаті нагрівання (піролізу) бітумінозних сланців.

Найсприятливішими для пошуків газу сланцевих товщ є породи з вираженою тонкою шаруватістю і сланцюватістю, оскільки газонасиченість таких порід є значно більшою у порівнянні з грубошаруватими чи масивними.

Для сланцевих товщ характерним є «розщеплення» порід, тобто розділення їх на чітко видимі паралельні пластини різної товщини. У геологічній літературі використовується ряд термінів для визначення цього явища: сланцюватість, плитчастість, пластинчастість, листуватість.

Тонкошаруватий характер гірських порід є важливою передумовою формування корисної ємності по ослаблених зонах нашарування порід окремих сланцевих пластин, а також на текстурних межах різних літогіпів, що призводить до формування пошарової літогенетичної тріщинуватості (Б.Й. Масвський, І.Т. Штурмак та ін., 2008).

Встановлено, що у зв'язку з тектонічними рухами та складчастістю, під дією тангенціальних зусиль місцями у сланцевих породах посилювалось формування літогенетичних тріщин вздовж нашарування порід, особливо у склепінних частинах крутих складок, складках підгорнення та поблизу тектонічних порушень.

За умов формування зон мікротріщинуватості у розрізі сланцевих відкладів газ, а інколи і нафта, може вміщуватись не тільки у пісковиках та алевролітах, але й у товщах аргілітів. Так, при дослідженні алевро-аргілітів олігоценових відкладів Микулчинського родовища, нами [1, 4, 23] встановлено численні пошарові тріщини, що виповнені різними вуглеводневими включеннями.

При цьому необхідно відзначити, що вуглеводневий газ пов'язаний не тільки з чорносланцевими формаціями, збагаченими розсіяною органічною речовиною ($C_{орг}$ понад 5%), але і з сланцевими товщами з низьким вмістом розсіяної органічної речовини (POR). Так, наприклад, сланцеві відклади родовища Барнет представлені щільними сіро-коричневими карбонатними глинистими мікросхаруватими породами, пористість яких становить від 0,5 до 6,0 %. Вміст гумусово-сапропелевої POR складає від 1 до 5% ($C_{орг}$ – 0,3-1,8). Формація Барнет є єдиним гігантським родовищем (мегарезервуар сланцевого газу), у межах якого виділяють центральну зону, де сконцентровані високодебітні свердловини, і дві облямовуючі її додаткові зони (Лукин А.Е., 2010). На сьогодні Барнет – найбільше родовище сланцевого газу в США, з встановленими запасами $7 \cdot 10^{11} \text{ м}^3$, на якому в 2009 р. видобуток становив 136 млн м^3 /добу, а плановий річний видобуток – 50 млрд м^3 .

Аналогічна ситуація спостерігається і на родовищі Файеттвіл (штат Арканзас, США), де сланцевий газ пов'язаний з темно-сірими щільними глинами, вміст POR у яких не перевищує 3%. На кінець 2008 р. з цього родовища видобуто 13,5 млрд м^3 газу. Також варто звернути увагу на те, що запаси родовища Барнет дренуються 11817 горизонтальними і вертикальними свердловинами із середнім дебітом близько 10-15 тис. м^3 /добу. Одним з вартих уваги фактів розробки цього родовища є те, що горизонтальні свердловини у порівнянні з вертикальними призводять лише до 31% приросту запасів на свердловину при збільшенні вартості свердловини у 2,5 рази (Arthur Berman, 2010).

Нині встановлено, що сланцевий газ пов'язаний із сланцевими глинистими і карбонатно-глинистими породами з різним вмістом POR, ступінь катагенезу яких не перевищує градації МК₄-АК₁, а переважно знаходиться у зоні ПК-МК₃ (Лукин А.Е., 2010).

На наш погляд [14], ступінь сучасної метанонасиченості сланцевих товщ та її збереження в геологічному часі також залежить від інтенсивності глибинних висхідних дегазаційних потоків та їх охолодженням пустотного простору, пов'язаного з особливостями нашарування сланцевих товщ і зонами дроблення у місцях трасування тектонічних розломів та їх взаємоперетину.

Саме тим і пояснюється, як свідчить досвід компанії Шелл, що тільки 5% території поширення сланцевих порід є придатними для економічно вигідного видобутку із них газу (Левашов С.П. та ін., 2011).

На підставі викладеного матеріалу можна зробити такі висновки:

1. Газ сланцевих товщ – 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 і органічними речовинами, що і зумовлює переважно низьку дебітність свердловин.

2. Вуглеводневий газ пов'язаний не тільки з чорносланцевими формаціями, збагаченими РОР, але і з щільними сіро-коричневими карбонатно-глинистими сланцевими товщами з низьким вмістом РОР. При цьому спостерігається відсутність чіткої кореляції між типом розсіяної органічної речовини, стадією її метаморфізму і наявністю у них вуглеводневих газів.

3. Метанонасиченість слабопроникних сланцевих товщ залежить від ступеня їх тріщинуватості та інтенсивності глибинних висхідних дегазаційних потоків, пов'язаних з глибинними тектонічними розломами та їх взаємоперетином, що обов'язково необхідно враховувати при плануванні пошуково-розвідувальних робіт і виявленні площ для економічно вигідного видобутку вуглеводневого газу.

У **третьому розділі** обгрунтовані перспективи газонасиченості слабопроникних верхньокрейдових відкладів Українських Карпат з точки зору дослідження сланцюватих товщ.

У цілому верхньокрейдові відклади складені двома світами – ілемківською (головнинською) та стрийською. Відклади ілемківської світи – це переважно строкатобарвні (червоні з прошарками зелених і сірих) аргіліти, алевроліти та пісковики. У розрізі переважають аргіліти. Загалом ці відклади розглядають як породи-покришки для ймовірних покладів нафти чи газу у нижньокрейдових відкладах.

Відклади стрийської світи повсюдно поширені у Скибових Карпатах, і їхня товщина здебільшого перевищує 2000 м. Уся світа представлена відносно одноманітними флішовими породами, в яких при детальних фаціальних дослідженнях виявляються тільки окремі відмінності як у розрізі, так і по площі.

З.В. Ляшевич зі співавторами на основі детальної кореляції геоелектричних розрізів п'яти свердловин (№№ 1, 3, 7, 66, 67) Вигода-Витвицького родовища з урахуванням мікропалеонтологічних досліджень у стрийській світі Орівської скиби виділив три кореляційні пачки, які умовно відповідають трьом підсвітам стрийської світи. Кожній підсвіті відповідає один аргілітовий і один піщано-аргілітовий горизонти (пачки). Таким чином, піщано-аргілітові горизонти відділені один від одного аргілітовими пачками, що є сприятливим літолого-фаціальним чинником для існування самостійних газових покладів у кожній піщано-аргілітовій пачці зокрема.

Ці дані підтверджуються також результатами [1, 2] буріння свердловин 1-Шевченково, 2-Тарасівка, а також свердловин, пробурених на Максимівській площі, і особливо 1-Луги, яка розкрила найповніший розріз стрийських відкладів. За результатами проведеного нами аналізу даних геофізичних досліджень свердловини 1-Луги, макро- та мікроскопічних описів зразків порід і керна, літологічних особливостей флішових порід у розрізі стрийських відкладів чітко виділяються аргілітові та піщано-аргілітові пачки. Товщини цих пачок наступні: аргілітова – близько 200–220 м, піщано-аргілітова – 150–200 м (рис. 2). Праворуч на рис. 2 зображено світліни виходів на денну поверхню відкладів відповідних пачок. Аналогічні дослідження проведено і для інших свердловин Карпатського регіону.

Усі породи стрийської світи розбиті тріщинами різного орієнтування, що добре спостерігається у відслоненнях [17]. Аргіліти та мергелі мають чітко виражену

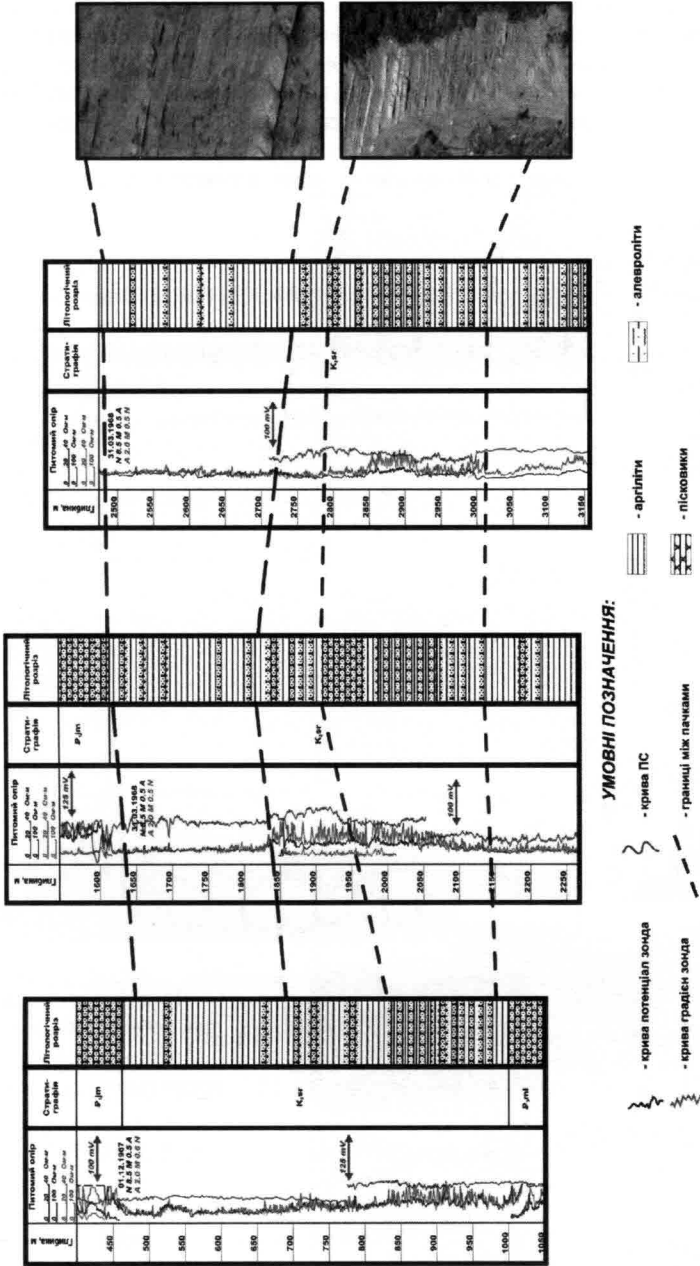


Рис. 2. Виділення та зіставлення аргілтових та піщано-аргілтових пачок у розрізі стрийських відкладів свердловини 1-Лути

плитчастість (рис. 3). Іноді виникають тріщини дугоподібної форми (рис. 4), що пов'язано, на наш погляд, з локальною концентрацією напруг при стисненні. Серед загальної маси сіробарвних порід трапляються прошарки темного кольору, представлені розсланцьованими аргілітами, збагаченими розсіяною органічною речовиною (рис. 5). Вони дуже подібні до менілітових сланців палеогену. Товщина цих прошарків – від кількох сантиметрів до кількох метрів.

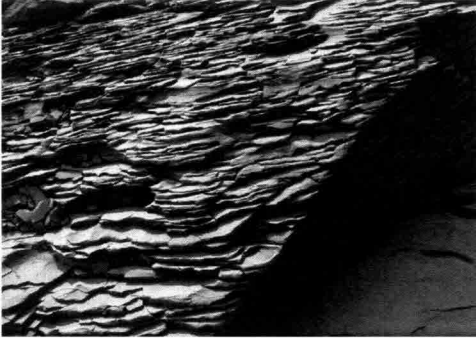


Рис. 3. Різноступеневана тріщинуватість верхньокрейдових аргілітів (фото Хомина В.Р., 2010)

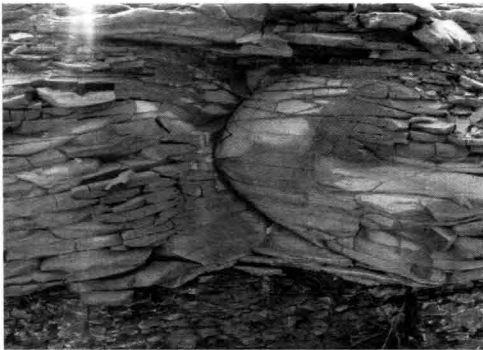


Рис. 4. Дугоподібні тріщини у аргілітах (фото Хомина В.Р., 2010)



Рис. 5. Прошарки темнобарвних аргілітів, збагачених розсіяною органічною речовиною у стрийських відкладах (фото Хомина В.Р., 2010)

Вказані сланці мають чітку листувату текстуру. Розкритість тріщин, які чітко видно на світлинах, звичайно, на глибинах значно менша. Проте, такої величини достатньо для початкового утворення проникних зон та покращення фільтраційно-ємнісних властивостей порід-колекторів, що також підтверджується і дослідженнями кернового матеріалу та шліфів з різних глибин.

Породи стрийської світи верхньої крейди, як і усі породи Карпатської гірськоскладчастої споруди, зім'яті в різного роду складки, серед яких переважають насунені антиклінальні складки, ускладнені поперечними тектонічними порушеннями – зсувами. Деякі з них можна спостерігати у відслоненнях. Таку антиклінальну складку в стрийських відкладах Сколівської скиби продемонстровано на рисунку 6.



Рис. 6. Склепіння антиклінальної складки у відслоненні стрийських відкладів у руслі р. Мізуньки (фото Хомина В.Р., 2010)

Виконана обробка лабораторних і геофізичних досліджень розкритого розрізу свердловин засвідчила, що породи-колектори представлені тут переважно ущільненими тонкошаруватими пісковиками, алевролітами та вапняками, пористість яких змінюється в межах від 0,5 до 5–6%, і лише в окремих випадках сягає 10%. Проникність вказаних порід становить переважно $0,01 \cdot 10^{-15} \text{ м}^2$, а іноді – до $(2-5) \cdot 10^{-15} \text{ м}^2$ [10, 11, 21, 24].

Породи неоднорідні в нашаруваннях, що можна спостерігати навіть на наведених вище світлинах шліфів. Це спричинило виникнення літогенетичних тріщин, які разом із тектонічними тріщинами збільшують проникність порід.

Газонасиченість таких колекторів коливається в межах 30–40%. Вода, що знаходиться в порах, зв'язана і практично нерухома.

Слабопроникні флішові стрийські відклади у складці Вигодська-I обводнені. Газоносність складки Вигодська-II пов'язана з першим піщано-аргілітовим горизонтом. При випробуванні свердловин 66-BB і 67-BB, які знаходяться в Гошівському блоці, отримано газ дебітом відповідно 1,9 та 9,0 тис. м³/добу. Свердловини 66-BB і 67-BB розташовані у присклепінній частині складки.

У складці Вигодська-III газ отримано з другого піщано-аргілітового горизонту у свердловинах 1-BB і 7-BB, пробурених у Кропивницькому та Гошівському блоках. У свердловині 1-BB з інтервалу 2745–3172 м при відкритому стовбурі отримано 50 тис. м³ газу на добу. У свердловині 7-BB з інтервалу 2780–2982 м при випробуванні в колоні отримано 4,7 тис. м³ газу на добу. Третій піщано-аргілітовий горизонт в обох блоках за даними промислово-геофізичних досліджень обводнений.

При випробуванні параметричної свердловини 1-Шевченко з інтервалу 6930–6958 м із низів верхньокрейдових відкладів отримано 1,0 м³ мінералізованої води з газом, а з інтервалу 6210–6280 м отримано незначні припливи газу. В інтервалі від 1300 м до 3700 м виділено чотири зони з підвищеними показниками газомісту, які відповідають піщано-аргілітовим породам [3, 4, 26].

Під час випробування свердловини 2-Тарасівка з інтервалу 1657–1667 м отримано приплив газу дебітом 2,3 тис. м³/добу, а з інтервалу 1705–1787 м 1,5 тис. м³/добу. Вказані інтервали відповідають верхній піщано-аргілітовій пачці. З іншої пачки газ отримано з інтервалу 3090–3190 м, дебіт становив 0,7 тис. м³/добу, а з інтервалу 3260–3322 м – 2,0 тис. м³/добу.

Незначні припливи газу та газопрояви зі стрийських відкладів були встановлені також у свердловинах 3-BB, 9-BB та 10-BB.

При випробуванні свердловини 4-Максимівка із чотирьох інтервалів одержано дуже розгазовані припливи води або глинистого розчину [12, 13, 25].

Параметричною свердловиною 1-Тухля вже у зоні Кросно на крилі антиклінальної складки розкрито крейдові відклади, верхня частина яких виявилась газонасиченою. ГВК встановлено на абсолютній відмітці –3670 м. Отримано 50 м³/добу.

Результати випробування свердловин показали низьку продуктивність відкладів такого типу. Тобто ми маємо низькопористі слабопроникні шаруваті (сланцеваті) породи, що і визначатиме особливості їхнього геологічного дослідження з точки зору можливості встановлення промислової газоносності.

На основі викладеного стає очевидним [17], що ми маємо справу з нетрадиційними породами-колекторами, характерними для сланцевих порід. За типом міграційно-здатного пустотного простору вказані породи відносяться до порово-тріщинних або тріщинно-порових колекторів. Вказані типи порід-колекторів та їх шаруватість формують міцнісну анізотропію породи. Такі параметри впливатимуть на ефективність проведення гідравлічного розриву пласта (ГРП), зважаючи на підвищену здатність тонкошаруватих порід до техногенного тріщиноутворення.

З врахуванням усіх наведених вище даних нами зроблено висновок про наявність геолого-кореляційного зв'язку літолого-геологічних умов відомих газоносних чи газоперспективних сланцевих товщ нафтогазоносних басейнів світу з тонкошаруватими слабопроникними верхньокрейдовими відкладами Українських Карпат.

Причому, як видно з рисунків 5 та 6, звертає на себе увага різноспрямована тріщинуватість плитчастих аргілітів стрийської світи верхньокрейдового відділу крейдової системи Українських Карпат.

Як уже було зазначено вище, для газоносних сланців обов'язковою характеристикою є підвищений вміст органічного вуглецю ($C_{\text{орг}}$ понад 0,5 %). Тому нами [17] з метою визначення вмісту органічного вуглецю у відкладах стрийської світи проведено термогравіметричний аналіз аргілітів, алевролітів та пісковиків, відібраних при польових роботах.

Термогравіметричне дослідження проводилися за допомогою приладу NETZSCH STA 449 F3 Jupiter (<http://www.netzsch-thermal-analysis.com>) в інтервалі температур 25-800 °С. Швидкість нагріву становила 20 °С/хв. Процес термолізу проводили в атмосфері аргону. Маса наважок зразків ~ 300 мг. Точність вимірювання температури – 1 °С, зміни маси $1 \cdot 10^{-2}$ мг.

На рис. 7 відображена типова термограма досліджуваних зразків. Здобувачем виявлено багатостадійний характер термолізу. Перший етап, що проходив в температурному інтервалі до 120 °С, супроводжувався дегідратацією, тобто виходом вільної та зв'язаної води. На кривій ДТА фіксувалися ендоефекти з екстремумами на 100 °С. Вихід вуглеводнів найінтенсивніше відбувається при температурах 150-400 °С, при цьому при температурі близько 275 °С швидкість втрати маси зразком породи у цій точці становить 0,1565 мкВ/мг, а втрата маси породи – 6,24 мг, що відповідає 3,64 % маси зразка. У цьому температурному інтервалі лінійна форма кривої ДТА свідчить про відносну однотипність розсіяної органічної речовини, яка виділяється.

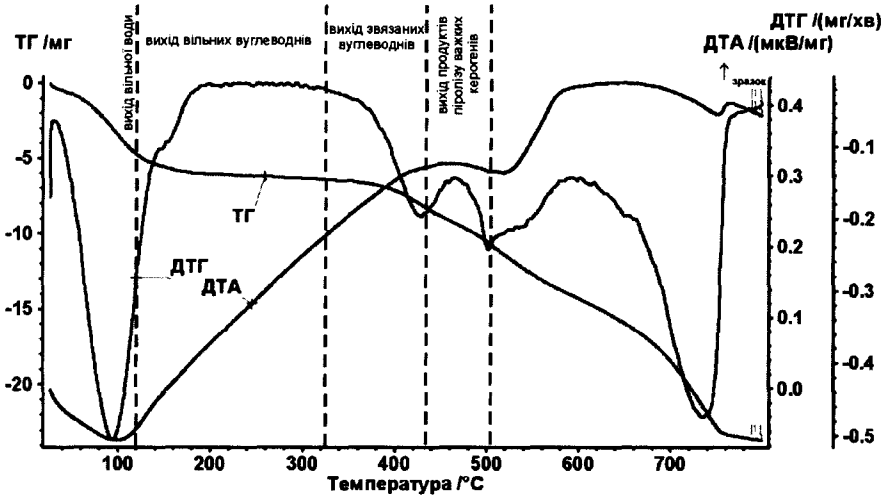
Другий етап вирізнявся екзотермічним ефектом і характеризував процес термолізу органічних компонентів, зокрема:

- температура 120–325 °С – вихід вільних вуглеводнів;
- температура 325–435 °С – вихід «зв'язаних» вуглеводнів;
- температура 435–505 °С – вихід CO_2 , що утворюється при розкладанні вищих керегенів ($C > 40$).

За вищих температур починається перетворення глинистих мінералів.

Контроль за складом продуктів термолізу проводився за допомогою інфрачервоного мас-спектрометра Фур'є. Результати експериментальних досліджень представлені у таблиці 1. У результаті досліджень встановлено, що вихід вуглеводнів ($C_{\text{орг}}$) до 505 °С становить до 4-6 % від маси породи. Це свідчить про те, що аргіліти збагачені розсіяною органічною речовиною і могли продукувати вільний газ, який знаходиться у стрийських відкладах. Необхідно також звернути увагу на те, що вуглеводні могли надходити у ці відклади і за рахунок субвертикальної висхідної міграції з більших глибин по тектонічних розломах.

Таким чином: 1) освоєння ресурсів газу слабопроникних низькопористих шаруватих (сланцюватих) верхньокрейдових (стрийських) відкладів є обґрунтованим; 2) цільове розкриття слабопроникних газоносних горизонтів та підвищення їхньої газовіддачі до оптимальних геолого-економічних параметрів потребує використання новітніх технологій, аналогічних до тих, які застосовуються при видобуванні газу зі сланцевих товщ.



1 – термогравіметрична (ТГ) крива; 2 – диференційно-термогравіметрична (ДТГ) крива;
3 – диференційно-термоаналітична (ДТА) крива.

Рис. 7. Типові результати термогравіметричного дослідження аргілітів верхньокрейдового віку Скибових Карпат [17]

Таблиця 1

Зведена таблиця зміни маси зразків при термогравіметричному дослідженні аргілітів верхньокрейдового віку Скибових Карпат, %

№	Зразок	<120 °С	120-325 °С	325-435 °С	435-505 °С	ТОС, %
1	1	0,56984	0,25965	0,11328	1,39686	1,76979
2	2	2,77329	0,90678	0,37421	3,37359	4,65458
3	2 3	2,05375	2,00675	0,40042	2,18164	4,58881
4	2 5	1,21867	1,20087	0,29978	2,16253	3,66318
5	3	2,56223	1,10098	0,56127	4,16105	5,82330

У четвертому розділі викладені основні (структурно-тектонічні та літолого-фаціальні) критерії прогнозування газонасності верхньокрейдових відкладів та перспективи виводування газу зі слабопроникних порід-колекторів.

Наступним етапом досліджень було вивчення та наукове обґрунтування геологічної будови верхньокрейдових флішових відкладів Складчастих Карпат. Нами побудовано структурні карти та геологічні розрізи у найінформативніших напрямках для кількох площ [8, 9].

Зокрема на рисунку 8 відображено геологічний розріз для Максимівської площі та світліни шліфів з розрахунковими значеннями коефіцієнта пористості (K_p) за даними дослідження шліфів.

Як узагальнюючий результат наших геологічних побудов маємо схематичну структурну карту підшви верхньокрейдових відкладів Сколівської скиби Українських Карпат, на якій чітко виділяються антиклінальні структури різного розміру.

Тобто, до цього моменту ми маємо два основних чинники перспектив газонасності верхньокрейдових відкладів Карпатського регіону – це наявність структурних пасток для вуглеводнів та існування слабопроникних низькопористих порід-колекторів для вуглеводневого газу. Це є мінімально необхідна кількість передумов для обґрунтованих перспектив газонасності, враховуючи і отримані промислові та непромислові притоки газу з досліджуваних порід.

Наступним важливим етапом науково-виробничих досліджень є обґрунтування можливості видобування потенційних ресурсів газу з такого типу порід-колекторів. При виборі інтервалів перфорації та методів вторинної дії на продуктивний пласт у свердловинах, що пробурені у регіонах, де спостерігаються тонкошаруваті флішові утворення (тонкоритмічне перешарування пісковиків, алевролітів та аргілітів) особлива увага зверталася на прошарки пісковиків, рідше алевролітів, які за загальноприйнятою методикою і пропонувалися до випробування. Зважаючи на те, що маємо справу з слабопроникними низькопористими шаруватими (сланцюватими) верхньокрейдовими відкладами, нами пропонується методологія, за якою для перфорації обґрунтовуються інтервали залягання аргілітів (рис. 9). Отриманий здобувачем висновок базується на положенні, що в такому випадку пачка газоперспективних відкладів (через збільшення проникності прошарків аргілітів при їх перфоруванні, а в подальшому і у процесі гідророзриву пласта) об'єднується у один значний за товщиною газонасний експлуатаційний об'єкт, завдяки чому приплив газу до свердловини підвищується. Розроблена дисертантом теоретична модель знайшла своє практичне підтвердження у процесі проведення фактичних робіт при дослідженні свердловин 2-Тарасівка, для якої проводилися проєктні роботи.

Із застосуванням запропонованої дисертантом методології вибрані інтервали та методи вторинної дії на продуктивні пласти у Стрийському відділенні бурових робіт (підтверджується відповідним актом впровадження). Необхідно відзначити, що за результатами впровадження обґрунтованої методології, середньодобовий дебіт свердловини 2-Тарасівка зріс на 60% (з 2,5 тис. м³/добу до 4,5 тис. м³/добу), що може значно підвищити загальний сумарний добовий дебіт свердловин, які дають газ, а це в свою чергу знизить залежність України від імпортних енергоносіїв. Як результат прогнозні ресурси газу у верхньокрейдових відкладах у регіоні оцінені у понад 1,1 трлн м³, з них за даними З.В. Ляшевича зі співавторами (1976) для площі Вигода-Витвиця запаси газу за категорією С₂ становлять 21 млрд м³, а для Долинського району – понад 100 млрд м³.

У **п'ятому розділі** обґрунтована екологічна безпека геологічного середовища при пошуках, розвідці та розробці покладів газу в слабопроникних породах-колекторах і сланцюватих відкладах.

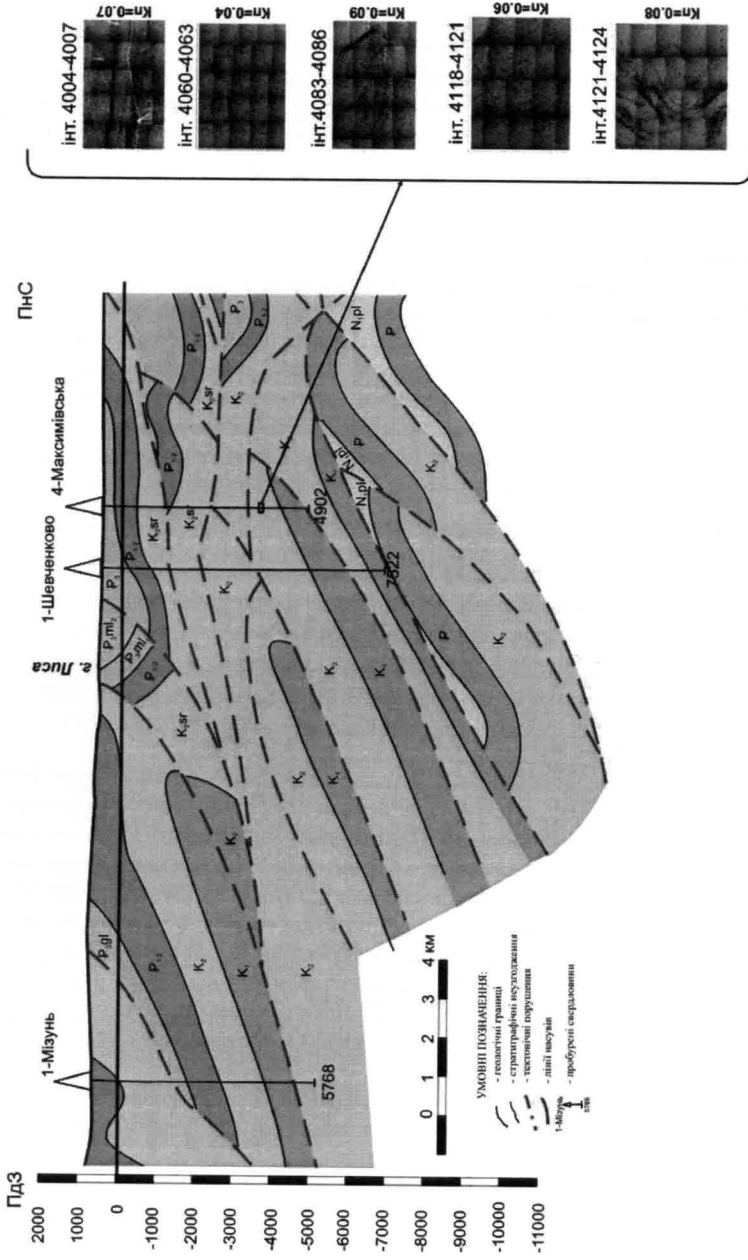


Рис. 8. Геологічний розріз по лінії І-І Максимівської площі та світлин шліфів з розрахунковими значеннями коефіцієнта пористості (K_n) за даними дослідження шліфів

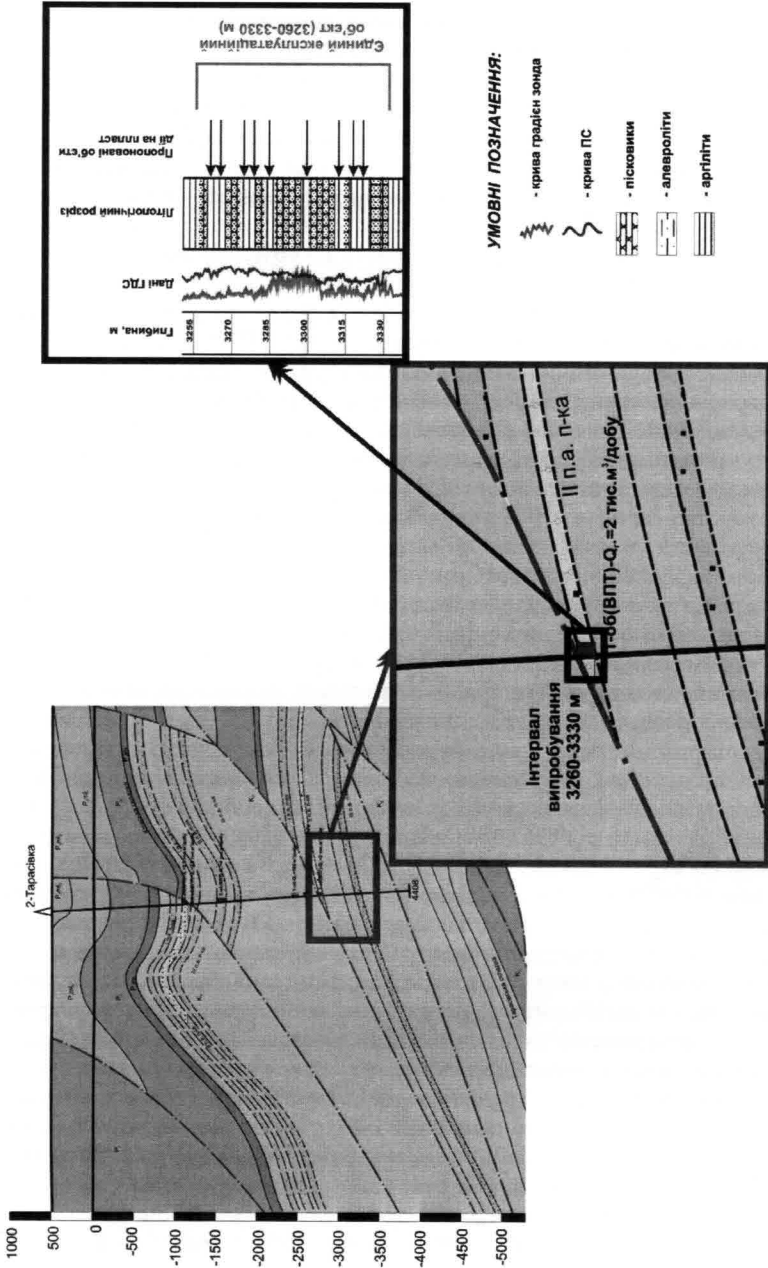


Рис. 9. Методологія вибору об'єктів для перфорації, гідророзриву та випробування у слабощорникових тонкошаруватих відкладах на прикладі розкритого розрізу свердловини 2-Тарасівка

Потенційними негативними факторами впливу на екологічний стан геологічного середовища при пошуку вуглеводневого газу у слабопрониклих відкладах України, і Карпатського регіону зокрема, можуть бути наступні фактори:

- забруднення підземних вод через негерметичність колон і неякісне їх цементування;
- забруднення ґрунтів та поверхневих вод у районі свердловин в результаті аварійних ситуацій при виконанні бурових та ремонтних робіт;
- забруднення ґрунтових вод та напірних горизонтів прісних вод зони активного водообміну у районі свердловин в результаті аварійних ситуацій при виконанні бурових та ремонтних робіт;
- потрапляння у приземну атмосферу та на ґрунт вуглеводнів та продуктів їх згорання при пожежах, в аварійних ситуаціях, при поривах трубопроводів;
- викиди забруднюючих речовин в атмосферне приземне повітря при роботі котелень та двигунів внутрішнього згорання;
- підвищення сейсмічної активності району робіт разом з деформаціями масиву гірських порід при проведенні потужних гідро розривів пластів;
- використання значної кількості прісної води для приготування рідини при багатоступінчастому гідророзриві пластів (за досвідом робіт на території США).

Одним із видів впливу на довкілля є вилучення земельних ділянок з природного стану у коротко- та довгострокове користування під спорудження, облаштування та обслуговування технологічних об'єктів і свердловин, будівництво автодоріг, трубопроводів, інших інженерних комунікацій.

Можливі причини і шляхи надходження забруднюючих речовин у навколишнє середовище поділяються на технологічні та аварійні.

До технологічних причин відносяться: забруднення підземних вод питної якості через неякісне цементування колон свердловин; пориви трубопроводів, розливи паливно-мастильних матеріалів, можливість міграції залишків технологічних розчинів у горизонти питних вод. До аварійних причин відносяться: газопроводопрови в процесі експлуатації свердловин; пориви трубопроводів в процесі експлуатації родовища; розливи технологічної рідини для привибійної обробки свердловин; порушення режиму роботи обладнання збору газу; порушення герметичності системи збору і транспортування видобутої вуглеводневої продукції.

У результаті виробничої діяльності (при бурінні, освоєнні, експлуатації та капітальному підземному ремонті свердловин) в межах родовищ техногенне навантаження на геологічне середовище відбувається за рахунок наступних чинників: виймання з надр гірських порід; фільтрації бурового та тампонажного розчинів; зміни мінерального складу та фільтраційно-смісних параметрів гірських порід у пристовбурних частинах свердловин; зміни хімічного складу підземних вод; утворення техногенних відкладів.

З точки зору екологічної безпеки геологічного середовища одними з найнебезпечніших негативних наслідків ГРП є можливе забруднення водоносних горизонтів та підвищення сейсмічної активності району робіт разом з деформаціями масиву гірських порід і денної поверхні.

Щодо забруднення водоносних горизонтів, то важливими заходами, які попередять виникнення екологічно небезпечних ситуацій є дотримання усіх

нормативних документів та розрахунків у процесі гідророзриву пласта, якісне цементування усіх колон свердловини та контрольованість самого процесу.

У світовій практиці нафтогазовидобутку гідравлічний розрив пласта займає чільне місце серед методів інтенсифікації припливу нафти і газу до свердловин та збільшення їх видобутих об'ємів. Гідравлічний розрив пласта або фрекінг використовується з 1866 р. Але якщо на початках для дії на пласт застосовували вибухові речовини, то сьогодні небезпека фрекінгу зведена до мінімуму. Місце чорного пороху і нітрогліцерину, що використовувалися на зорі нафтової ери, зайняли вода і гель з дозволеними державою хімічними добавками. Сучасні технології фрекінгу започатковані у 1947 р., коли в США були проведені два перших комерційних гідророзриви. Уже до 1968 р. у світі було проведено понад мільйон таких операцій.

В Україні застосування ГРП розпочалось на Бориславському родовищі у 1954-1955 рр., під час якого використовували як рідину розриву товарну нафту при малих витратах (близько $0,5 \text{ м}^3/\text{хв}$), а закріплення тріщин проводили піском з концентраціями його у рідині до $50 \text{ кг}/\text{м}^3$ із загальною масою до 3000 кг. Описано і детально проаналізовано вперше ГРП, який проведений Е.Б. Чекалюком (1955) у свердловині 4-Помярки на глибині 1530 м. До теперішнього часу на території України проведено кілька десятків тисяч різного роду ГРП.

Сутність ГРП полягає у створенні і розвитку тріщин у продуктивному пласті шляхом нагнітання в свердловину рідини при високому тиску з подальшим закріпленням цих тріщин за допомогою закріплювачів. Створення нових тріщин чи розкриття існуючих можливе, якщо тиск у пласті під час нагнітання рідини з поверхні стає більшим від геостатичного тиску.

Рідина для гідророзриву – це суміш з декількох складових, де кожна з них має своє функціональне призначення. Кожен її реагент має свій ступінь токсичності. На 99,5% така рідина складається з води, 0,5% – хімічних речовин. І саме ці 0,5 % мають найбільшу потенційну небезпеку для екологічного стану геологічного середовища. Під час проведення ГРП у рідину для гідророзриву додається пропант або пісок з концентрацією до $1000 \text{ кг}/\text{м}^3$.

Успішність і ефективність процесу ГРП залежить від правильної інтерпретації його перебігу і оперативного прийняття правильних рішень при зміні параметрів процесу. Найважливішим фактором успішності процедури ГРП є якість рідини розриву і пропанту, для закріплення тріщин у розкритому стані. Аналіз результатів застосування ГРП на різних родовищах світу показав, що кількість вдало проведених операцій гідравлічного розриву складас близько 80%.

Якщо дотримання нормативних документів та розрахунків у процесі гідророзриву пласта та перевірка якості цементування залежить від персоналу, який проводить процес, то контрольованість самого процесу ГРП необхідно ще довести. З цією метою за допомогою програми моделювання розкриття, розвитку та розкритості тріщин (програма MFrac) на прикладі верхньокрейдових відкладів в інтервалі глибин 3260-3330 м для умов свердловини 2-Тарасівка проведено моделювання процесу ГРП.

Сам процес ГРП заплановано провести з використанням поперечнозшитого гелю на основі WGA-1 (гідроксіпропілгуар), для приготування якого заплановано використати 156,4 м³ води. Вказаний гель є загальновідомим та утилізується відповідно до стандартних методик. Необхідно відзначити, що витрати води при даному моделюванні на порядок нижчі від показників, які описані у фактичних матеріалах та літературних джерелах при багатоступеневих гідророзривах на території США. Цим досягається як скорочення загальних витрат води, так і зменшення об'єму рідини для гідророзриву, яка нагнітається у пласт та повертається на денну поверхню після проведення ГРП. Слід зауважити, що продукти розпаду рідини для гідророзриву є вже ньютонівськими рідинами, які не впливають на переробку чи транспортування вуглеводнів.

Тепер перейдемо до окремих найважливіших результатів проведеного моделювання, які наведені на рисунках. На рисунку 10 подано динаміку зміни вибійного тиску (синя крива) та устєвого тиску (червона крива) у процесі ГРП для свердловини 2-Тарасівка. Бачимо, що вибійний тиск прогнозується зі значенням близько 65-67 МПа, тиск на усті – 42-49 МПа при пластовому тиску 36,2 МПа.

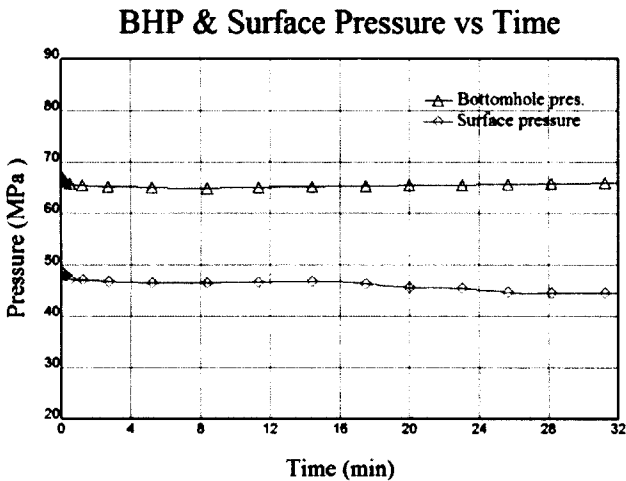


Рис. 10. Динаміка тиску на усті та вибій свердловини 2-Тарасівка в часі при проведенні ГРП

Під час проведення ГРП будемо мати у поперечному перерізі радіус проникнення тріщин у пласт близько 123 м при їх розкритості від 0,1 до 0,9 см (рис. 11). Окремо потрібно зауважити, що не прогнозується ніякого розповсюдження тріщин вище і нижче інтервалу проведення ГРП.

Проведене моделювання дає нам підстави стверджувати, що, з врахуванням розподілу тріщин та максимального проникнення тріщин у досліджуваному пласті, такі дані з високою достовірністю можна проінтерпретувати з позицій кінетики для незворотного процесу.

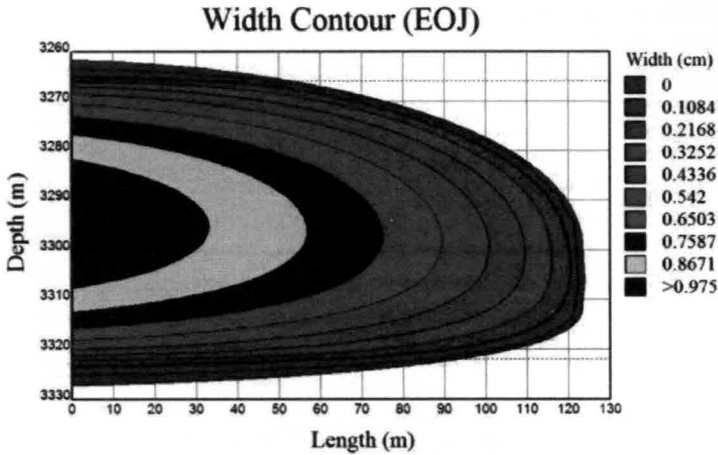


Рис. 11. Моделювання розподілу розкритості тріщин у повздовжньому перерізі під час проведення ГРП у свердловині 2-Тарасівка

Ширина тріщин, що утворюються у зоні (інтервалі) гідророзриву пласта, збільшується експоненційно (рис. 12) у напрямку до осі свердловини за законом $N=N_0 \cdot (1 - e^{-kx})$, де N – ширина тріщин (м) на відстані x (м) від осі свердловини; N_0 – коефіцієнт пропорційності; k – лінійна константа поширення розкритості тріщин у пласті, м.

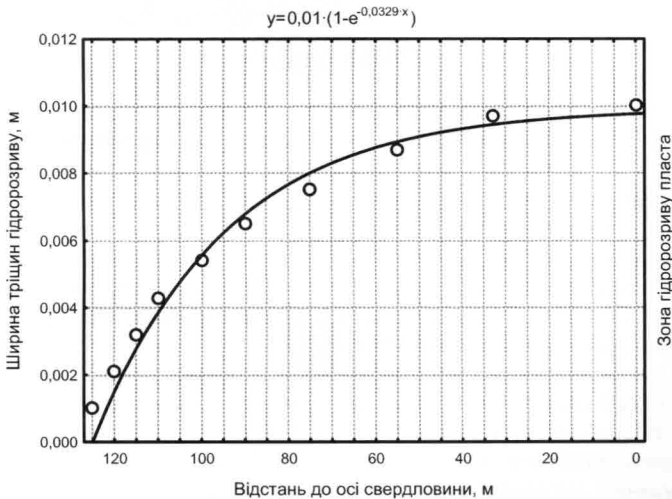


Рис. 12. Крива зміни розкритості тріщин у залежності від віддалі до осі свердловини 2-Тарасівка у зоні ГРП

Константа поширення розкритості тріщин у пласті k (м) відображає потужність гідравлічного розриву пласта слабопроникних флішових верхньокрейдових відкладів Карпатського регіону щодо розкритості тріщин і має лінійну розмірність. І дійсно, процес відбувається відповідно до закону кінетики для незворотного процесу.

На рисунку 13 маємо розподіл розкритості тріщин у поперечному перерізі, де маємо максимальне проникнення тріщин на віддаль близько 123 м та не прогнозується ніякого розповсюдження тріщин вище і нижче інтервалу проведення ГРП.

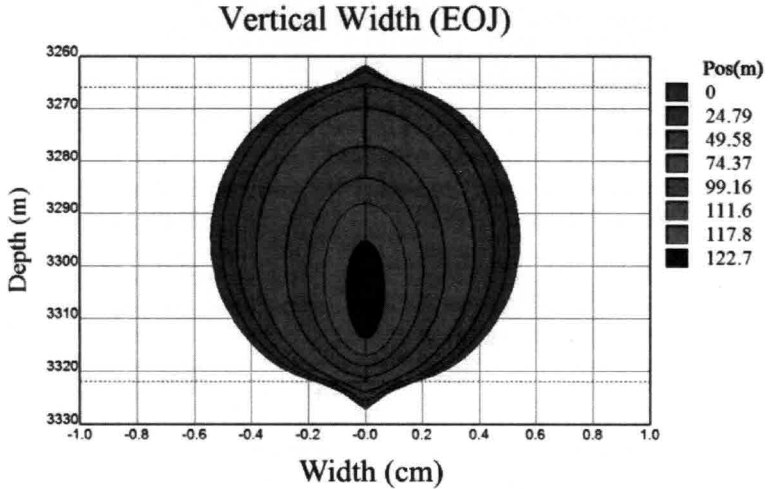


Рис. 13. Моделювання розподілу розкритості тріщин у поперечному перерізі під час проведення ГРП у свердловині 2-Тарасівка

Аналогічна ситуація спостерігається і при моделюванні розкритості тріщин у пласті після проведення процесу ГРП і зменшенні тиску нижче закриття тріщин (рис. 14 і 15) з тією різницею, що зі зрозумілих причини зі сталим проникненням тріщин майже на 123 м по пласту зменшується розкритість тріщин: вона змінюється в діапазоні 0,02-0,22 см. Також не прогнозується ніякого розповсюдження тріщин вище і нижче інтервалу проведення ГРП.

Також, на нашу думку, доцільно навести розподіл провідності тріщин після проведення ГРП у свердловині 2-Тарасівка (рис. 16), на якому бачимо, що вказана провідність тріщин змінюється від 668 до 6000 мД·м, що значно зменшить втрати депресії у привибійній зоні та збільшить площу дренавання, а це є дуже важливим при видобуванні вуглеводневого газу зі слабопроникних порід-колекторів і підвищенні продуктивності свердловин.

Width Contour (Closure)

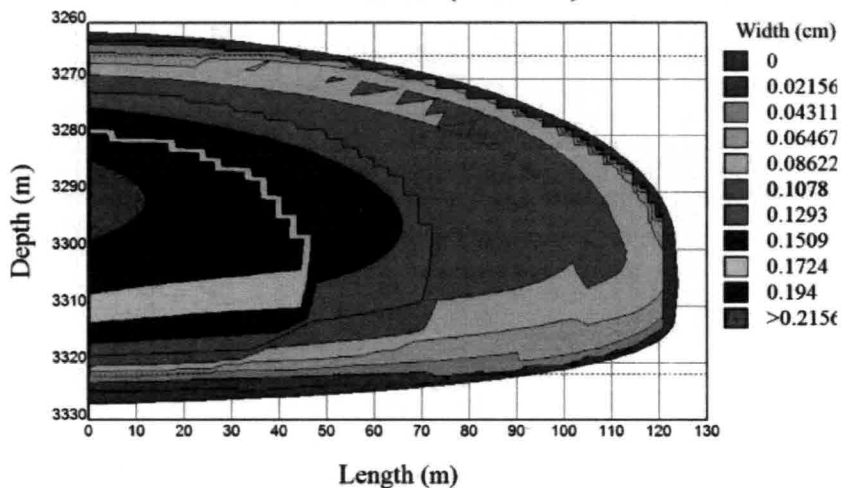


Рис. 14. Моделювання розподілу розкритості тріщин у повздовжньому перерізі після проведення ГРП у свердловині 2-Тарасівка

Vertical Width (Closure)

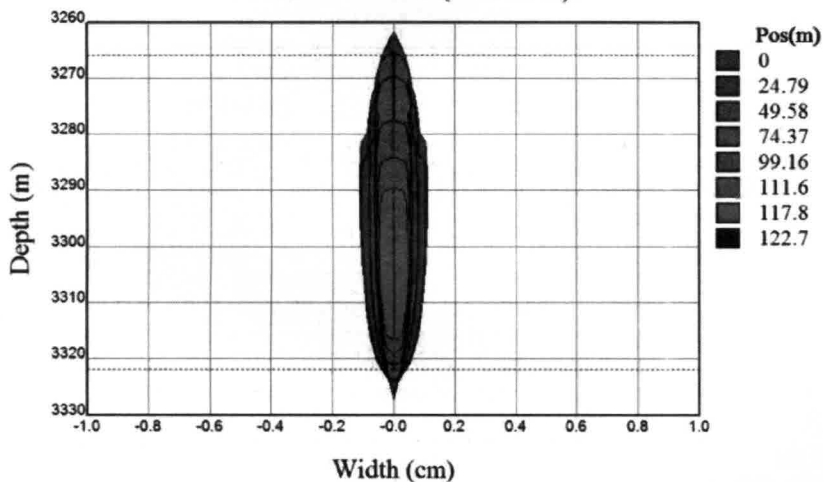


Рис. 15. Моделювання розподілу розкритості тріщин у поперечному перерізі після проведення ГРП у свердловині 2-Тарасівка

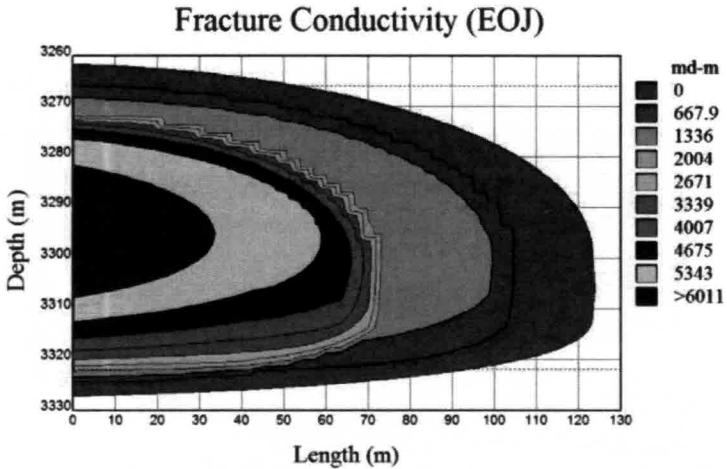


Рис. 16. Розподіл провідності тріщин після проведення ГРП у свердловині 2-Тарасівка

Отже, комп'ютерне моделювання за допомогою програми MFrac процесу гідравлічного розриву верхньокрейдових відкладів в інтервалі 3260-3330 м, що відповідає другій піщано-аргілітовій пачці, і з якої у процесі буріння свердловини 2-Тарасівка фактично отримано приплив газу дебітом близько 2000 м³/добу, підтверджує контрольованість досліджуваного процесу з точки зору перетоків рідин та забруднення підземних, ґрунтових та поверхневих вод. Аналогічна геологічна ситуація прогнозується і для інших ділянок, оскільки за площею поширення літолого-фаціальні особливості верхньокрейдових відкладів практично не зазнають змін.

Також хотілося б відзначити, що практично такий процес ГРП можуть провести фахівці українських нафтогазових компаній, зокрема ПАТ "Укрнафта" та ПАТ "Укргазвидобування". Зазначені підприємства володіють комплектом спецтехніки для ГРП і необхідними матеріалами. На сьогодні працівниками ПАТ "Укрнафта" проведено близько 500 свердловинних операцій з гідророзриву пластів, зокрема торік – 50, цього року планується збільшити кількість операцій (<http://oilreview.kiev.ua/2013/03/09/eto-strashnoe-slovo-freking>). Причому на підприємствах ПАТ "Укрнафта" при проведенні ГРП не було випадків негативного впливу рідини для гідророзриву на персонал та довкілля.

Враховуючи те, що потенційному еколого-техногенному впливу при проведенні пошуково-розвідувальних робіт, зокрема і при гідравлічному розриві пластів, піддаються ґрунтовий покрив, поверхневі та підземні води, атмосферне приземне повітря та верхня частина літосфери, нами [5, 6, 7] проведено аналіз потенційних небезпек, які можуть виникнути внаслідок проведення ГРП, та визначено показники, що повинні підлягати контролю для забезпечення

екологічної безпеки процесу ГРП. Запропоновано наступні етапи екологічного моніторингу:

етап I - визначення фонових концентрацій до проведення гідророзриву (атмосферне приземне повітря, ґрунти, поверхневі та підземні води), що забезпечує визначення “фонових” концентрацій забруднюючих речовин до проведення ГРП;

етап II - визначення концентрацій забруднюючих речовин при проведенні гідророзриву (тільки для атмосферного приземного повітря), що забезпечує визначення впливу на атмосферне приземне повітря від роботи техніки та технологічного обладнання;

етап III - визначення концентрацій забруднюючих речовин при продувці свердловини (тільки для атмосферного приземного повітря), що забезпечує визначення впливу на атмосферне приземне повітря забруднюючих речовин, що виділяються при продувці свердловини;

етап IV - визначення концентрацій забруднюючих речовин при освоєнні свердловини (тільки для атмосферного приземного повітря), що забезпечує визначення впливу на атмосферне приземне повітря забруднюючих речовин, які виділяються при освоєнні свердловини;

етап V - після завершення ГРП, проводиться через один тиждень після завершення всіх технологічних операцій пов'язаних із ГРП, що забезпечує визначення впливу процесу ГРП на всі компоненти довкілля;

етап VI - після завершення ГРП, проводиться через один місяць після завершення всіх технологічних операцій пов'язаних із ГРП (для поверхневих і підземних вод та ґрунтів), що забезпечує визначення впливу на ґрунти (геохімічний ландшафт) і підземні та поверхневі води забруднюючих речовин, що могли мігрувати внаслідок ГРП (акт впровадження на об'єктах ПАТ “Укрнафта” від 04.03.2013 р.).

При апробації запропонованих моніторингових досліджень стану компонентів довкілля під час проведення гідророзриву пласта на свердловині № 751 Долинського родовища за подібних техніко-геологічних умов з флішовими верхньокрейдовими відкладами можна констатувати, що числові величини досліджуваних параметрів компонентів довкілля не зазнали змін та відповідають фоновим значенням до проведення гідророзриву пласта.

Ще одним важливим геологічним чинником екологічної безпеки пошуково-розвідувальних робіт на вуглеводневий газ слабопроникних відкладів та сланцевих товщ у загальному є можлива техногенна сейсмоактивність на території, де проводять гідравлічні розриви пластів.

Найбільшої уваги та детальних досліджень цей чинник заслуговує у регіонах з розвинутою мережею тектонічних порушень, незалежно від того, чи вони поперечні, чи повздовжні, чи мають інше орієнтування, і наявністю місцевих джерел землетрусів. Важливим завданням при цьому є якнайточніше трасування вказаних тектонічних порушень та врахування їх розташування під час проектних 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, викликаного нагнітанням рідини в зону розлому, склала 5,5 (до 7,5 балів шкали MSK-64). Але це сталося у 1967 р. в американських Скелястих 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 вище, ніж зазвичай.

Хоча на теренах України проведено десятки тисяч ГПП (вперше проведено на Бориславському родовищі у 1954-1955 рр.) під час яких не було зафіксовано жодного випадку підвищення сейсмоактивності території та незважаючи на наведені вище відомі одиничні приклади сейсмічної небезпеки від нагнітання рідини в зону 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 гірськоскладчаста споруда – система насунутих лусок (скиб).

Одним з показників, які характеризують геолого-структурну стійкість геологічного середовища, що впливає на ступінь екологічної безпеки пошуково-розвідувальних робіт, є модуль щільності тектонічної порушеності. На підставі побудованих нами моделей геологічної будови окремих газоперспективних структур Карпатського регіону та наведених вище матеріалів, теоретично та експериментально обґрунтовано показник модуля щільності тектонічної порушеності для конкретних випадків (табл. 2).

Таблиця 2

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

Назва структури	Довжина тектонічних порушень, 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

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

Аналізуючи наведене вище, нами виділено такі основні геологічні чинники, які необхідно враховувати при проектуванні пошуково-розвідувальних робіт у

Карпатському регіоні для зменшення негативного їх впливу на геодинамічний стан геологічного середовища у частині зниження або уникнення сейсмонезбезпечності при проведенні гідророзриву пласта:

- трасування тектонічних порушень різної геометрії та генезису, що необхідно разом з іншими умовами враховувати при виборі точки закладання проєктної свердловини. Якщо ж ГРП проєктується в уже пробуреній свердловині, то розташування тектонічних порушень необхідно враховувати при моделюванні радіусу зони проникнення техногенних тріщин;

- всебічне та детальне дослідження фільтраційно-смісних 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 проєктного тиску гідравлічного розриву;

- 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;

- проведення комплексних геолого-геофізичних досліджень у свердловинах з метою визначення якості обсадження та цементування всіх типів колон у них.

ВИСНОВКИ

У дисертаційному дослідженні вирішено актуальну науково-прикладну проблему обґрунтування еколого-геологічної безпеки пошукових робіт на вуглеводневий газ у слабопроникних флішових відкладів Карпатського регіону та можливості освоєння його ресурсів.

Основні наукові та практичні результати роботи:

1. На сьогодні для України актуальною є проблема забезпечення власною вуглеводневою сировиною. Освоєння ресурсів вуглеводневого газу в слабопроникних відкладах, зокрема і Карпатського регіону, може суттєво підвищити паливно-енергетичне забезпечення України. Такий стан проблеми формувє необхідність наукового дослідження крейдових відкладів Карпатського регіону з точки зору наявності та перспективності слабопроникних газозміщуючих порід-колекторів. Причому дослідження перспектив газонасності слабопроникних флішових відкладів необхідно пов'язувати також з обґрунтуванням заходів щодо запобігання негативних змін екологічного стану геологічного середовища при їх опощуванні, але наукових досліджень проблем екологічної безпеки з даної тематики не проводилось.

2. Науково обґрунтовано та зіставлено літолого-геологічні умови відомих газонасних чи газоперспективних сланцевих порід нафтогазонасних басейнів світу з тонкошаруватими слабопроникними верхньокрейдовими флішовими відкладами Українських Карпат. Досліджено структурно-геологічні, літолого-стратиграфічні, геофізичні параметри низькопористих слабопроникних флішових порід Карпатського регіону, що і визначає особливості їхнього геологічного дослідження з точки зору порід-колекторів, які характерні для сланцевих порід, та, як наслідок, с

теоретичною основою для обґрунтування заходів підвищення рівня екологічної безпеки пошуково-розвідувальних робіт.

3. За результатами удосконалення методики переінтерпретації даних геофізичних досліджень свердловин, макро- та мікроскопічних описів керна, виконаних здобувачем, і літологічних особливостей флішових порід у розрізі верхньокрейдових відкладів за комплексом основних критеріїв нафтогазоносності виділено породи-колектори у слабопроникних низькопористих горизонтах з тонкоритмічним перешаруванням пісковиків, алевролітів і аргілітів, які, в свою чергу, разом з породами-покришками утворюють антиклінальні складки, що можуть слугувати пастками для вуглеводнів. Проведеними дослідженнями встановлено, що на глибинах близько 6 км можуть існувати породи-колектори з підвищеними показниками фільтраційно-смісних властивостей (відкрита пористість 8-10 %, проникність $(3-15) \cdot 10^{-15} \text{ м}^2$), здатні акумулювати промислові скупчення вуглеводнів та віддавати їх у процесі розробки при впровадженні сучасних технологій з підвищення газовилучення.

4. Обґрунтована теоретично та на геолого-фізичних моделях можливість видобування потенційних ресурсів вуглеводневого газу з слабопроникних низькопористих верхньокрейдових відкладів, для чого пропонується методика, за якою для перфорації обґрунтовуються інтервали залягання аргілітів, оскільки в такому випадку газоперспективні відклади (через збільшення проникності прошарків аргілітів при їх перфоруванні, а в подальшому і у процесі гідророзриву пласта) об'єднуються у один значний за товщиною експлуатаційний об'єкт, завдяки чому приплив газу до свердловини підвищується. Практичне впровадження (акт впровадження Стрийського відділення бурових робіт) цієї методики підтвердило теоретичні обґрунтування, що відображається на підвищенні середньодобового дебіту з верхньокрейдових відкладів на 60% (з 2,5 тис. м³/добу до 4,5 тис. м³/добу) у свердловині 2-Тарасівка.

5. Доведено, що еколого-геологічна небезпека застосування гідравлічних розривів пластів для видобування вуглеводневого газу з піщано-аргілітових пачок слабопроникних верхньокрейдових відкладів визначається передусім можливим неконтрольованим поширенням тріщин поза запроєктовані інтервали дії на пласт. З використанням геологічних, механічних та фізичних параметрів верхньокрейдових порід Карпатського регіону та фізичних характеристик гідравлічного розриву пласта шляхом моделювання засобами програмного продукту MFrac на прикладі верхньокрейдових відкладів для свердловини 2-Тарасівка в інтервалі 3260-3330 м визначено параметри ГРП, при яких запроєктоване поширення тріщин не виходитиме за межі досліджуваного інтервалу. Визначена величина лінійної константи поширення розкритості тріщин у пласті в процесі проведення гідравлічного розриву пласта слабопроникних флішових верхньокрейдових відкладів Карпатського регіону. Ширина тріщин, утворюваних у зоні гідророзриву пласта збільшується експоненційно у напрямку до осі свердловини відповідно до закону кінетики для незворотного процесу.

Процес гідравлічного розриву продуктивних пластів верхньокрейдових відкладів регулюється такими основними параметрами, як тиск гідророзриву порід та горизонтальне проникнення тріщин у пласт, що підтверджується як

моделюванням, так і фактичними роботами. Щодо сейсмонебезпечності та порушення рівноваги напружено-деформаційного стану порід встановлено, що необхідно враховувати тектонічну порушеність, геодинамічний фон та сейсмо-геофізичні показники. Тому при виборі методів і засобів розвідки та розробки родовищ нафти і газу необхідно враховувати фактори попередження критичних деформацій як масиву гірських порід, так і колон свердловин для максимального збереження екологічної рівноваги геологічного середовища.

6. Для максимального охоплення дослідженнями екологічного стану компонентів навколишнього середовища вперше розроблена комплексна методологія екологічного моніторингу процесу гідравлічного розриву продуктивних пластів у слабопроникних флішових сланцюватих відкладах та його наслідків. Вона полягає у поетапному (у залежності від виду робіт) ґрунтовному дослідженні конкретних якісних показників таких компонентів довкілля, як ландшафтно-геохімічний стан ґрунтового покриву, поверхневі та підземні води, атмосферне приземне повітря. Висновок про еколого-геологічну безпеку запропонованих методик з освоєння покладів вуглеводневих газів у слабопроникних відкладах підтверджується практичними моніторинговими роботами, які проведені за запропонованою у дисертаційному дослідженні методологією, що виконані на свердловині 751-Долина (акт впровадження на об'єктах ПАТ “Укрнафта” від 04.03.2013 р.).

Результати досліджень здобувача використовуються на кафедрі геології та розвідки нафтових і газових родовищ Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу під час читання лекційного курсу з дисципліни “Нафтогазова геологія” для освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр напряму підготовки 6.040103 Геологія та читання лекційного курсу “Актуальні проблеми нафтогазової геології” для освітньо-кваліфікаційного рівня магістр спеціальності 8.04010305 Геологія нафти і газу, що підтверджується відповідним актом впровадження у навчальний процес за № 40-29 від 04.07.2013 р.

Матеріали даного дисертаційного дослідження ввійшли до комплексної наукової роботи “Наукове обґрунтування перспектив нафтогазоносності глибокозанурених порід-колекторів осадових басейнів України” (автори Хомин В.Р., Куровець С.С., Здерка Т.В.), якій присуджено Премію Верховної Ради України найталановитішим молодим ученим у галузі фундаментальних і прикладних досліджень та науково-технічних розробок за 2012 р.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Новітні дослідження геологічної будови і перспектив нафтогазоносності глибокозанурених горизонтів Українських Карпат / Б.Й.Маєвський, С.Г.Анікєєв, Л.С.Мончак, В.П.Степанюк, **В.Р.Хомин**, С.С.Куровець, Т.В.Здерка, М.І.Манюк. -- Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2012. – 208 с. *Автору належать дослідження геологічної будови крейдових відкладів Українських Карпат з метою обґрунтування перспектив газоносності слабопроникних порід-колекторів.*

2. Особливості геологічної будови і перспективи нафтогазоносності глибокозанурених горизонтів Дніпровсько-Донецької западини / В.М.Бенько,

Б.Й.Масвський, А.А.Лагутін, **В.Р.Хомин**. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2013. – 208 с. *Здобувачу належить ідея наукового порівняння характеристик гірських порід Дніпровсько-Донецької западини і Українських Карпат та узагальнення результатів, що дозволило науково обґрунтувати основні критерії нафтогазоносності надр для обох регіонів.*

3. Масвський Б.Й. Палеоструктурні критерії нафтогазоносності в межах південно-східної частини Внутрішньої зони Передкарпатського прогину / Б.Й.Масвський, С.С.Куровець, **В.Р. Хомин** // Геологія і геохімія горючих копалин. 2006. № 2. С. 32-43. *Дисертант є автором в частині виконання побудов новітніх геологічних карт і профілів.*

4. Масвський Б.Й. Прогнозування перспектив нафтогазоносності глибокозанурених горизонтів Передкарпатського прогину з використанням геолого-статистичного моделювання / Б.Й.Масвський, **В.Р.Хомин**, Т.В.Здерка, С.С.Куровець, М.І.Манюк // Геоінформатика. – 2007. № 1. – С. 54-61. *Автору належить розробка методології досліджень та аналіз отриманих результатів.*

5. **Хомин В.Р.** Екологічний гідромоніторинг в межах впливу газопереробних виробництв (на прикладі Гнідинцівського ГПЗ) / **В.Р.Хомин**, П.Г.Дригулич, А.В.Пукіш, О.Д.Мельник // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. 2009. № 1(30). – С. 93-99. *Дисертантом проведена інтерпретація результатів досліджень.*

6. **Хомин В.Р.** Науково-практичні засади охорони повітря у ході проведення бурових робіт / **В.Р.Хомин**, П.Г.Дригулич, М.П.Дригулич // Науковий вісник ІФНТУНГ. – 2009. – № 1(19). – С. 32-35. *Здобувачем узагальнено результати експериментальних досліджень, що дозволило обґрунтувати заходи захисту приземної атмосфери під час буріння свердловин.*

7. Масвський Б.Й. Дослідження техногенного забруднення геологічного середовища в районі Гнідинцівського ГПЗ / Б.Й.Масвський, П.Г.Дригулич, Т.М.Пукіш, **В.Р.Хомин**, А.В.Пукіш // Науковий вісник ІФНТУНГ. – 2009. – № 3(21). С.144-152. *Автору належить інтерпретація результатів досліджень в частині охорони геологічного середовища з метою обґрунтування заходів раціонального його використання.*

8. Масвський Б.Й. Прогнозування глибинних пасток вуглеводнів у Долинському нафтогазопромисловому районі за результатами геогустинного моделювання / Б.Й.Масвський, Л.С.Мончак, В.П.Степанюк, С.Г.Лнікєсв, **В.Р.Хомин** // Геологія і геохімія горючих копалин. Львів. 2010. – № 3-4. – С. 19-26. *Дисертант є автором геологічної обробки результатів геогустинного моделювання та результатуючих геологічних моделей.*

9. Мончак Л.С. Перспективи нафтогазоносності нижньокрейдових відкладів Скибових Карпат / Л.С.Мончак, Б.Й.Масвський, **В.Р.Хомин**, С.С.Куровець, Т.В.Здерка, І.М.Стасик // Збірник наукових праць ІГН НАН України. – 2010. – Вип. 3. – С. 301-307. *Здобувач є автором в частині виконання побудов новітніх геологічних карт і профілів.*

10. Манюк М.І. Прогнозування колекторських властивостей нижньокрейдових порід Скибової зони Карпат / М.І.Манюк, Б.Й.Масвський, М.В.Ляху, **В.Р.Хомин** // Науковий вісник ІФНТУНГ. – 2011. – № 1. – С. 5-8. *Дисертант є автором*

запропонованої математичної обробки геологічних даних для прогнозування фільтраційно-смієсних властивостей гірських порід.

11. Мончак Л.С. Краса каменю, або Івано-Франківщина кличе в геологічні мандри / Л.С.Мончак, **В.Р.Хомин** // Геолог України. 2011. – № 1 (33). – С. 22-26. *Здобувач є автором в частині виконання польових робіт, наукового опису відслонень верхньокрейдових відкладів, лабораторних досліджень взірців і наукового опрацювання їх результатів.*

12. Манюк М.І. Вплив вторинних змін на колекторські властивості глибокостанурених порід-колекторів Внутрішньої зони Передкарпатського прогину / М.І.Манюк, Б.Й.Масвський, **В.Р.Хомин**, Т.В.Здерка, І.Л.Захарук // Науковий вісник ІФНТУНГ. 2011. – № 2. – С. 5-12. *Автору належить узагальнення результатів лабораторних досліджень, наукове обґрунтування висновків щодо проникності глибокостанурених порід-колекторів.*

13. Масвський Б.Й. Прогнозування фазового стану вуглеводнів на великих глибинах у Передкарпатському прогині / Б.Й.Масвський, **В.Р.Хомин**, М.І.Манюк, С.С.Куровець, Т.В.Здерка // Геоінформатика. – 2011. № 3. – С. 30-35. *Здобувачем розроблена ідея роботи та належить узагальнення результатів.*

14. Масвський Б.Й. Фазовий стан вуглеводнів у надрах Передкарпатського прогину / Б.Й.Масвський, **В.Р.Хомин**, М.І.Манюк, С.С.Куровець, Т.В.Здерка // Геологія і геохімія горючих копалин. – Львів. 2011. – № 1-2. – С. 99-100. *Автор розробив постановку проблеми та узагальнив результатів експериментальних досліджень, що дозволило обґрунтувати фазовий стан вуглеводнів на різних глибинах.*

15. Масвський Б.Й. Щодо природи сланцевого газу і ефективності його пошуків / Б.Й.Масвський, С.С.Куровець, **В.Р.Хомин**, Т.В.Здерка // Нафтова і газова промисловість. – 2012. № 3. – С. 50-54. *Дисертанту належить обробка сучасної наукової інформації з даної проблеми та виділення проблемних її частин.*

16. Челядин Л.І. Фізико-хімічне очищення стічних вод, забруднених нафтопродуктами, з вмістом вуглецевомінеральних матеріалів / Л.І.Челядин, **В.Р.Хомин**, М.Р.Скробач, М.М.Богуславець, П.П.Неміш // Науковий вісник НЛТУ України. 2012. – Вип. 22.12. – С. 91-95. *Автору належить наукове узагальнення результатів досліджень.*

17. Челядин Л.І. Ресурсоощадні технології утилізації золошлаків теплоелектростанцій і шламів водоочищення / Л.І.Челядин, **В.Р.Хомин**, П.В.Новосад, О.Р.Позняк // Науковий вісник НЛТУ України. 2012. – Вип. 22.13. – С. 81-87. *Здобувачем узагальнено теоретичні результати досліджень.*

18. Мончак Л.С. Газ шаруватих низькопористих верхньокрейдових порід (сланцевий газ) Скибових Карпат / Л.С.Мончак, **В.Р.Хомин**, Б.Й.Масвський, Л.Є.Шкіца, С.С.Куровець, Т.В.Здерка, І.М.Стасик // Геолог України. 2012. № 4. С. 56-62. *Автору належать ідея роботи, обґрунтування геологічної будови верхньокрейдових відкладів, обробка та аналіз первинної фактичної геологічної інформації.*

19. Челядин Л.І. Технологічні особливості виготовлення теплоізоляційних будівельних матеріалів із золошламошлакових відходів / Л.І.Челядин, **В.Р.Хомин**,

П.В.Новосад, О.Р.Позняк // Науковий вісник НЛТУ України. – 2013. – Вип. 23.1. С. 97-103. *Дисертантом узагальнено результати експериментальних досліджень.*

20. **Хомин В.Р.** Окремі аспекти екологічної безпеки геологічного середовища при пошуках та видобутку сланцевого газу / **В.Р.Хомин**, Б.Й.Маєвський, Л.С.Шкіца, Л.І.Челядин // Науковий вісник НЛТУ України. 2013. - Вип. 23.3. С. 92-97. *Автору належать ідея нового напрямку досліджень, оцінка чинників впливу на геологічне середовище, наукове узагальнення результатів.*

21. **Хомин В.Р.** Про перспективи відкриття покладів сланцевого газу на Прикарпатті / **В.Р.Хомин**, А.Р.Клюка, Л.С.Мончак // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2013. – № 1(46). - С. 13-21. *Здобувачем розроблено методологію досліджень та проведено переінтерпретація первинної геологічної інформації.*

22. Здерка Т.В. Проблема існування порід-колекторів вуглеводнів на великих глибинах у Передкарпатському прогині / Т.В. Здерка, **В.Р.Хомин**, Б.Й.Маєвський // Проблеми геології та нафтогазоносності Карпат: Тези доп. Міжнар. наук. конф., Львів, 26-28 вересня 2006 р. – Львів, 2006. – С. 84-85. *Дисертантом узагальнено обробку матеріалів мікроскопічного дослідження шліфів гірських порід.*

23. Масєвський Б.Й. Про деякі особливості експлуатації високопродуктивних свердловин у зонах розвитку порово-тріщинних порід-колекторів вуглеводнів Передкарпатського прогину / Б.Й.Масєвський, С.С.Куровець, М.І.Манюк, **В.Р.Хомин** // Проблеми геології та нафтогазоносності Карпат: Тези доповідей Міжнар. наук. конф., Львів, 26-28 вересня 2006 р. – Львів. - 2006. - С. 141-142. *Автору належить частина наукового узагальнення результатів дослідження.*

24. Здерка Т.В. Особливості нафтонасичення порід-колекторів менілітової світи Микуличинського нафтового родовища Передкарпатського прогину / Т.В.Здерка, Б.Й.Масєвський, С.С.Куровець, **В.Р.Хомин** // Міжнародна науково-технічна конференція «Прикладна геологічна наука сьогодні: здобутки та проблеми», Київ, 5-6 липня 2007 р. – К. – 2007. – С. 52-53. *Здобувачеві належить аналіз смісно-фільтраційних властивостей порід-колекторів, що дозволило обґрунтувати кількісні показники пористості та проникності досліджуваних відкладів.*

25. Масєвський Б.Й. Вплив геофлюїдодинамічних процесів на ємнісно-фільтраційні особливості порід-колекторів Передкарпатського прогину та їх нафтонасиченості / Б.Й.Маєвський, Т.В.Здерка, С.С.Куровець, **В.Р.Хомин** // Ресурсозберігаючі технології в нафтогазовій енергетиці “ІФНТУНГ-40”: Міжнар. наук.-практ. конф, Івано-Франківськ. - 2007. - С. 232. *Дисертант є автором частини узагальнюючих результатів щодо закономірностей зміни фільтраційно-ємнісних властивостей гірських порід.*

26. Мончак Л.С. Літологічні аспекти перспектив нафтогазоносності нижньокрейдових відкладів Скибових Карпат / Л.С.Мончак, Б.Й.Маєвський, **В.Р.Хомин**, С.С.Куровець, Т.В.Здерка, А.В.Ярема, І.М.Стасик // Сучасні проблеми літології осадових басейнів України та суміжних територій: Збірник матеріалів міжнародної наукової конференції, Київ, 9-11 листопада 2010 р. - Київ. - 2010. - С. 49. *Автору належить обробка матеріалів мікроскопічного дослідження шліфів гірських порід.*

27. Масвський Б. Прогнозування колекторських властивостей та фазового стану вуглеводнів глибокозанурених палеогенових порід Передкарпатського прогину / Б.Масвський, Л.Мончак, Т.Здерка, **В.Хомин**, С.Куровець, І.Стасик // Стан і перспективи сучасної геологічної освіти та науки: Тези доповідей наукової конференції, Львів, 13-15 жовтня 2010 р. - Львів. 2010. - С. 250-251. *Дисертанту належить аналіз смісно-фільтраційних властивостей порід-колекторів, що дозволило обґрунтувати кількісні показники пористості досліджуваних відкладів.*

28. Масвський Б.І. Прогнозування колекторських властивостей порід глибокозанурених горизонтів Передкарпаття та Зовнішніх Карпат / Б.І.Масвський, М.І.Манюк, **В.Р.Хомин**, С.С.Куровець, Т.В.Здерка, І.М.Стасик // Друга міжнародна науково-практична конференція «Нафтогазова геофізика – інноваційні технології», Івано-Франківськ, 25-28 квітня 2011 р. – Івано-Франківськ. 2011. - С. 128-131. *Здобувачем узагальнено результати прогнозування колекторських властивостей слабopоникних низькопористих відкладів.*

29. Масвський Б.І. Щодо вторинних змін колекторських властивостей глибокозанурених порід-колекторів Внутрішньої зони Перед карпатського прогину / Б.І.Масвський, М.І.Манюк, **В.Р.Хомин**, С.С.Куровець, Т.В.Здерка // III Всеукраїнська наукова конференція-школа «Сучасні проблеми геологічних наук», Київ, 12-15 квітня 2011 р. - Київ. *Дисертант с автором в частині оцінки вторинних перетворень слабopоникних відкладів, з метою прогнозування їх фільтраційних властивостей.*

30. Манюк М.І. Комплексні геологічні показники як основа для прогнозування колекторних властивостей нижньокрейдових порід Скивочої зони Карпат / М.І.Манюк, **В.Р.Хомин**, О.Р.Манюк, Н.В.Дубей, В.В.Федорів // IV Всеукраїнська конференція-школа «Сучасні проблеми геологічних наук», Київ, 16-20 квітня 2012 р. Київ. С. 19-21. *Дисертантом узагальнено оцінку слабopоникних порід-колекторів щодо перспектив їх газоносності.*

31. Дмитришин Х.В. Екологічна безпека геологічного середовища при розвідці та розробці родовищ нафти і газу / Х.В.Дмитришин, Б.І.Масвський, Н.В.Гонтарьова, **В.Р.Хомин** // I-а Міжнародна науково-практична конференція «Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування», Івано-Франківськ, 20-22 вересня 2012 р. - Івано-Франківськ. 2012. - С. 38-39. *Автору належить ідея нового напрямку досліджень, оцінка чинників впливу на геологічне середовище, узагальнення результатів.*

32. Масвський Б.І. Деякі аспекти формування та роль бітумінозних товщ у нафтогазоносності осадових басейнів / Б.І.Масвський, О.С.Лозинський, **В.Р.Хомин**, М.І.Манюк // Перспективи нафтогазоносності глибокозанурених горизонтів осадових басейнів України. Зб. наук. праць. Івано-Франківськ: Факел, 2005. - С. 27-33. *Дисертант с автором в частині оцінки слабopоникних порід-колекторів.*

33. **Хомин В.Р.** Геологічна будова центральної та північно-західної частин Бориславсько-Покутської зони Передкарпатського прогину на глибинах 5-8 км / **В.Р.Хомин**, Б.І.Масвський // Перспективи нафтогазоносності глибокозанурених горизонтів осадових басейнів України. Зб. наук. праць. Івано-Франківськ: Факел, 2005. - С. 66-73. *Автору належить ідея та узагальнення результатів досліджень.*

34. Здерка Т.В. Вплив геофлюїодинамічних процесів на вторинні перетворення порід-колекторів та характер їх нафтонасичення / Т.В.Здерка, Б.Й.Масвський, С.С.Куroveň, **В.Р.Хомин** // Перспективи нафтошування та збереження енергетичних ресурсів України: Збірник наукових праць / під. ред. В.Г.Омельченка (відп. редактор). – Івано-Франківськ: Факел, 2006. С. 84. *Дисертант є автором в частині оцінки вторинних перетворень слабопроникних відкладів.*

АНОТАЦІЯ

Хомин В.Р. Геоекологічні засади пошуку вуглеводневого газу в слабопроникних породах-колекторах Карпатського регіону. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора геологічних наук за спеціальністю 21.06.01 – екологічна безпека. – Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу Міністерства освіти і науки України, Івано-Франківськ, 2013.

У дисертаційному дослідженні вирішено актуальну науково-прикладну проблему обґрунтування еколого-геологічної безпеки пошуково-розвідувальних робіт на вуглеводневий газ та можливості освоєння його ресурсів у зв'язку з перспективами газонасиченості слабопроникних флішових відкладів Карпатського регіону.

Науково доведено і встановлено у регіональному плані чергування та локалізацію аргілітових і піщано-аргілітових пачок у розрізі слабопроникних флішових крейдових відкладів. Науково обґрунтовано методологію вибору інтервалів аргілітових прошарків газоперспективних піщано-аргілітових пачок для перфорування та гідравлічного розриву.

Виконано ранжування окремих перспективних структур Карпатського регіону за геолого-структурною стійкістю газоперспективного пласта для встановлення ступеня екологічної безпеки пошуково-розвідувальних робіт.

Встановлено граничні межі параметрів для екологічно безпечного проведення гідророзриву слабопроникних порід-колекторів Карпатського регіону, а також розроблено наукові засади екологічного моніторингу для оцінки впливу процесу гідророзриву газоперспективних пластів на підземну і поверхневу гідросферу, педосферу та атмосферу.

Ключові слова: геоекологія, екологічна безпека геологічного середовища, перспективи газонасиченості, вуглеводневий газ, слабопроникні породи-колектори, Карпатський регіон.

АННОТАЦИЯ

Хомин В.Р. Геоэкологические принципы поиска углеводородного газа в слабопроницаемых породах-коллекторах Карпатского региона. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени доктора геологических наук по специальности 21.06.01 – экологическая безопасность. – Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа Министерства образования и науки Украины, Ивано-Франковск, 2013.

В диссертационном исследовании решена актуальная научно-прикладная проблема обоснования эколого-геологической безопасности поисковых работ на углеводородный газ и возможность освоения его ресурсов в связи с перспективами газоносности слабопроницаемых флишевых отложений Карпатского региона.

В результате переинтерпретации данных геофизических исследований скважины, макро- и микроскопических описаний образцов горных пород из обнажений и керна, изучения их литологических особенностей в региональном плане научно доказано и установлено чередование и локализацию аргиллитовых и песчано-аргиллитовых пачек в разрезе слабопроницаемых флишевых верхнемеловых отложений Карпатского региона. Доведено существование песчано-аргиллитовых пачек толщиной 150-200 м, в составе которых выделяются слабопроницаемые породы-коллекторы, которые перспективны в газоносном отношении, а аргиллитовые пачки толщиной 200-220 м выступают флюидоупорами.

Научно обоснованно методологию выбора интервалов для перфорации и гидравлического разрыва аргиллитовых слоев газоперспективных песчано-аргиллитовых пачек в слабопроницаемых тонкослоистых верхнемеловых отложениях по комплексу геолого-геофизических и геомеханических их параметров, где отдельная песчано-аргиллитовая пачка рассматривается как единый эксплуатационный объект.

Выполнена ранжировка отдельных перспективных структур Карпатского региона по показателю модуля плотности тектонических нарушений, который определяет геолого-структурную стойкость газоперспективного пласта слабопроницаемых верхнемеловых отложений. Доведено, что по степени экологической безопасности поисково-разведочных работ геологические структуры располагаются в ряду роста: Выгода-Вывицкая, Тарасовская, Максимовская, Мизунская.

С целью экологически безопасного проведения гидроразрыва слабопроницаемых пород-коллекторов Карпатского региона установлены предельные значения фильтрационно-емкостных, геомеханических и геолого-геофизических параметров, а также разработаны научные принципы экологического мониторинга для оценки влияния процесса гидроразрыва газоперспективных пластов на подземную и поверхностную гидросферу, педосферу и атмосферу. Этапность мониторинговых работ определено в соответствии с технологической схемой проведения гидроразрыва пластов с учетом химического состава загрязняющих веществ, их атмо-водно-миграционной способности, экотоксичности и ассимиляционного потенциала.

Ключевые слова: геоэкология, экологическая безопасность геологической среды, перспективы газоносности, углеводородный газ, слабопроницаемые породы-коллектора, Карпатский регион.

ABSTRACT

Khomyn V.R. Principles of geoenvironmental search hydrocarbon gas in the poorly permeable reservoir rocks of the Carpathian region. – Manuscript.

Dissertation for the degree of Doctor of Geological Sciences, specialty 21.06.01 environmental safety. – Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas of the Ministry of Education and Science of Ukraine, Ivano-Frankivsk, 2013.

The dissertation research solved actual scientific and applied problems of reasoning of ecological and geological security prospecting for hydrocarbon gas and the possibility of development of its resources at the prospects gas content in poorly permeable flysch deposits of the Carpathian region.

Scientifically proven and established in the regional plan the duty and localization mudstones and sand-mudstones packs at cross-section of poorly permeable cretaceous flysch sediments. The methodology of selecting was scientifically grounded for mudstones intervals at gas perspective sand-mudstones packs for perforating and hydraulic fracturing.

To establish the degree of environmental safety of search and exploration executed ranking individual prospective structures in the Carpathian region by geological and structural stability of gas perspective reservoir.

Set the limits of the parameter for environmentally safety hydraulic fracturing of poorly permeable reservoir rocks in the Carpathian region, as well as the scientific basis was developed for environmental monitoring of impact assessment the hydraulic fracturing gas perspective layers on the underground and surface hydrosphere, pedosphere and atmosphere.

Keywords: geoenvironment, environmentally safe of geological environment, perspectives gas content, hydrocarbon gas, poorly permeability reservoir rocks, Carpathian region.