УДК 553.5.981/982

ГАЗ ШАРУВАТИХ НИЗЬКОПОРИСТИХ ВЕРХНЬОКРЕЙДОВИХ ПОРІД (СЛАНЦЕВИЙ ГАЗ) СКИБОВИХ КАРПАТ

МОНЧАК Л. Кандидат геолого-мінералогічних наук, доцент кафедри геології та розвідки нафтових і газових родовищ
ХОМИН В. Кандидат геологічних наук, доцент кафедри геології та розвідки нафтових і газових родовищ
МАЄВСЬКИЙ Б. Доктор геолого-мінералогічних наук, професор, завідувач кафедри геології та розвідки нафтових і газових родовищ
ШКІЦА Л. Доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри інженерної та комп'ютерної графіки
КУРОВЕЦЬ С. Кандидат геологічних наук, доцент кафедри геології та розвідки нафтових і газових родовищ
ЗДЕРКА Т. Кандидат геологічних наук, доцент кафедри геології та розвідки нафтових і газових родовищ
СТАСИК І. Аспірант кафедри геології та розвідки нафтових і газових родовищ
(Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу)

Статья посвящена анализу перспектив газоносности верхнемеловых отложений Скибовых Карпат. Приведено их литологическое описание и осуществлена корреляция данных поверхностной геологии с данными пробуренных скважин. Проанализированы результаты поисково-разведочного бурения и испытания верхнемеловых отложений на отдельных площадях. Перспективы газоносности верхнемеловых (стрыйских) отложений Скибовых Карпат связываются с нетрадиционными коллекторами, которые по своим характеристикам близки к сланцевым образованиям.

This article analyzes the prospects of gas-bearing Upper Cretaceous deposits of Skybovyh Carpathians. Lithological description and correlation of the surface geology and wells data are given. The results of exploratory drilling and testing of the Upper Cretaceous deposits in certain areas are analyzed. Prospects of gas-bearing Upper Cretaceous (Stryj) reservoirs of Skybovyh Carpathians are associated with non-traditional collectors, whose characteristics are similar to the shale formations.

Ключові слова: *колектор, газоносність, аргілітові та піщано-аргілітові горизонти, шаруваті низькопористі породи, перспективи газоносності.*
Ключевые слова: *коллектор, газоносность, аргиллитовые и песчано-аргиллитовые горизонты, слоистые низкопористые породы, перспективы газоносности.*
Keywords: *reservoir rock, gas content, argillites and sands horizons, layered low porous rocks, prospects of gas bearing.*

Вступ

Факти нафтогазоносності окремих піщаних пластів верхньокрейдових відкладів відомі вже давно, зокрема на Битківському, Слобода-Рунгурському, Космацькому (на Покутті), Східницькому і Урицькому родовищах, а також на недавно відкритому нафтовому покладі Верхньомасловецького нафтового родовища, що поблизу Борислава.

Газоконденсатний поклад виявлено у товщі порід верхньої крейди, у склепінній частині Битківської глибинної складки. Протягом 60–70 рр. XX ст. доведено газоносність двох піщано-аргілітових пачок на Вигода-Витвицькій площі, а пізніше також на площах Шевченківській, Максимівській і Тарасівській.

Тому дослідження нафтогазоносності верхньокрейдових відкладів, особливо з огляду на вірогідність промислової газоносності низькопористих шаруватих (сланцюватих) порід, сучасними методами і технологіями є особливо актуальним.

Виклад основного матеріалу досліджень

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. Стрийську світу поділяють [1, 4, 5] на три підсвіти. Уся світа представлена відносно одноманітними флішовими породами, в яких при детальнішому дослідженні виявляються помітні фаціальні відмінності як у розрізі, так і по площі.

Нижньострийська підсвіта складена ритмічним піщано-глинисто-мергельним флішем. Нижня частина середньострийської підсвіти представлена більш груборитмічним глинисто-піщаним флішем з окремими прошарками масивних пісковиків, а у верхній частині переважає піщано-глинистий фліш з прошарками мергелів і вапняків. Верхньострийська підсвіта – це дрібно- та тонкоритмічне чергування пісковиків, алевролітів і аргілітів. В окремих випадках у верхній частині цієї підсвіти трапляються грубошаруваті та масивні пісковики, які важко відрізнити від ямненських. Забарвлення літологічних різновидів змінюється від сірого (попелястого), іноді зеленуватого, до темно-сірого. Найтемніше забарвлені різновиди з підвищеним вмістом органічної речовини. Такі різновиди дуже подібні до менілітових сланців. У відслоненнях стрийські породи розсланцьовані.

З.В. Ляшевич зі співавторами [3] 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 чинником для існування газових покладів у кожній піщано-аргілітовій пачці зокрема.

Ці дані підтверджуються також результатами буріння свердловин Шевченково-1, Тарасівка-2, а також свердловин, пробурених на Максимівській площі, і особливо Луги-1, яка розкрила найповніший розріз стрийських відкладів. За результатами проведеного нами аналізу даних геофізичних досліджень свердловини Луги-1, макро- та мікроскопічних описів зразків порід і керна, літологічних особливостей флішових порід у розрізі стрийських відкладів чітко виділяються глинисті і піщанисті пачки. Товщини цих пачок наступні: аргілітова – близько 200–220 м, піщано-аргілітова – 150–200 м (рис. 1).

Усі породи стрийської світи розбиті тріщинами різного орієнтування, що добре спостерігається у відслоненнях (рис. 2–7). Аргіліти та мергелі мають чітко виражену плитчастість (рис. 2, 3, 5). Іноді виникають тріщини дугоподібної форми (рис. 3, 4), що пов'язано, мабуть, з силами стиснення. Серед загальної маси сіробарвних порід трапляються прошарки темного кольору, представлені розсланцьованими аргілітами, збагаченими органічною речовиною (рис. 7). Вони дуже подібні до менілітових слан-

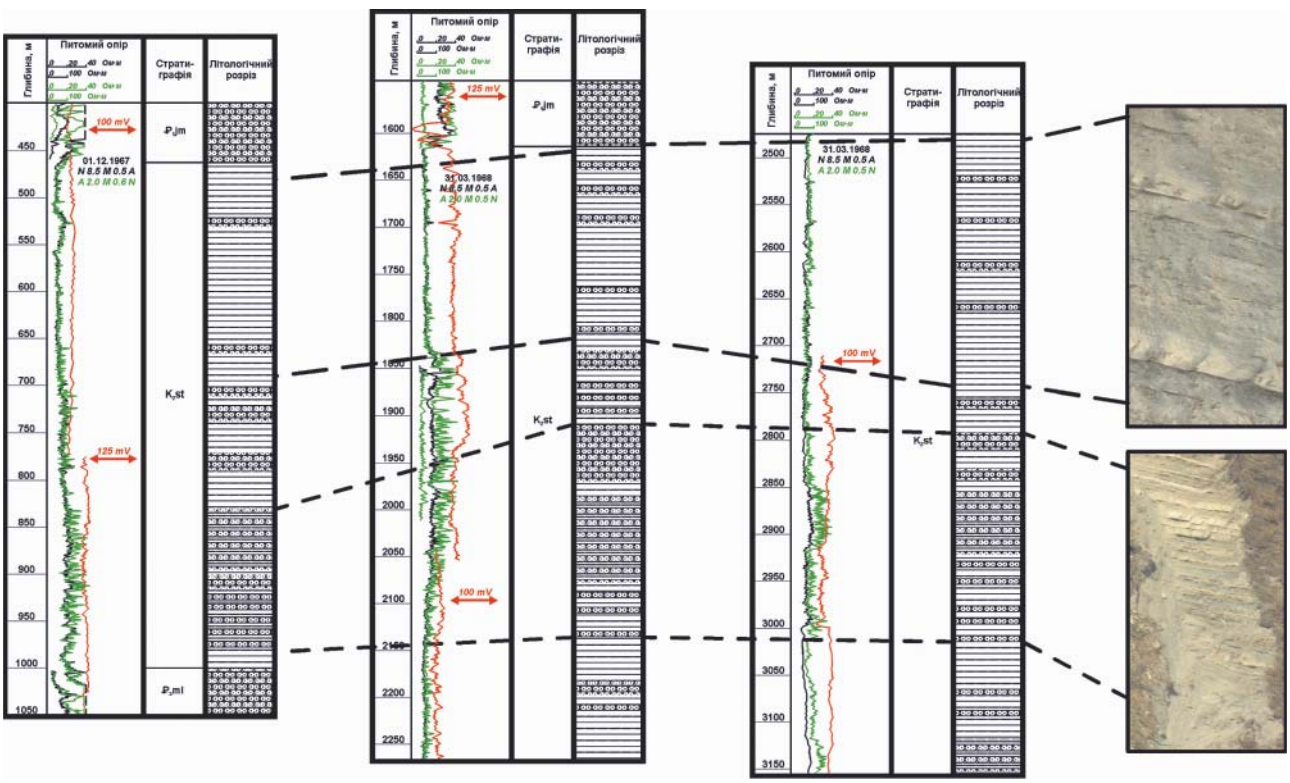

Рис. 1. Виділення аргілітових та піщано-аргілітових пачок у розрізі стрийських відкладів свердловини Луги-1

Рис. 2. Плитчасті аргіліти стрийської світи

Рис. 3. Різноспрямована тріщинуватість аргілітів

Рис. 4. Дугоподібні тріщини у аргілітах

Рис. 5. Роздрібнені стрийські аргіліти

Рис. 6. Пласти пісковиків стрийської світи

Рис. 7. Прошарки темнобарвних аргілітів, збагачені органічною речовиною

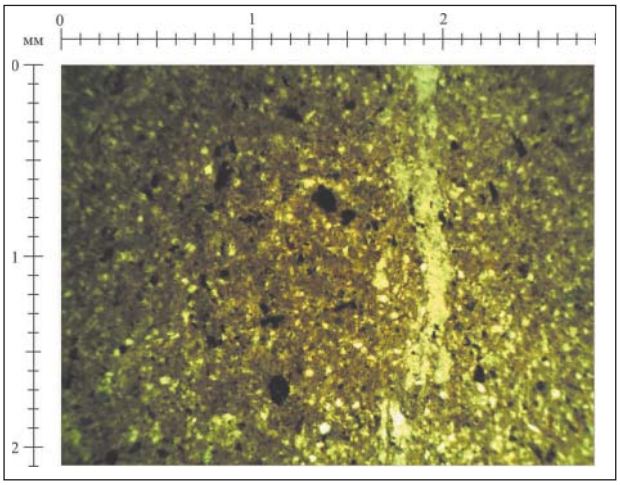

Рис. 8. Аргіліт сірий алевритистий з включенням органічної речовини

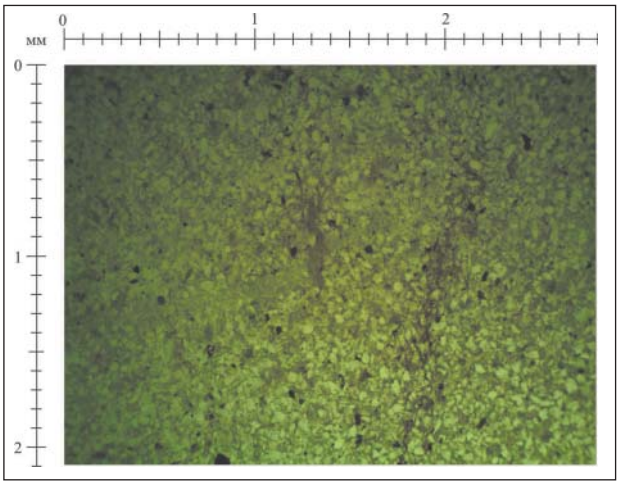

Рис. 9. Кварцовий алевроліт, порушений тріщинами

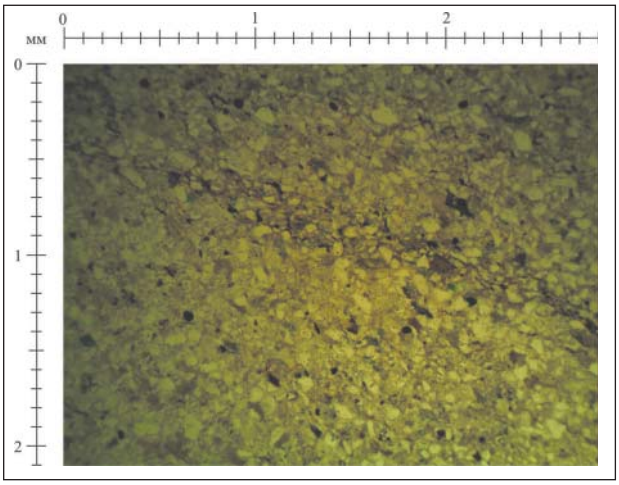

Рис. 10. Піщанистий алевроліт з включеннями органічної речовини, порушений літогенетичними тріщинами вздовж нашарування

ців палеогену. Товщина цих прошарків – від кількох сантиметрів до кількох метрів. Вказані сланці мають чітку листувату текстуру. Розкритість тріщин, які чітко видно на світлинах, звичайно, на глибинах значно менша, але такої величини достатньо для покращення ємнісно-фільтраційних властивостей колекторів, що також підтверджується і дослідженнями кернового матеріалу та шліфів з різних глибин. Нижче наведемо опис та світлини шліфів зі свердловини Максимівська-4 (рис. 8–11).

Аргіліт сірий алевритистий щільний карбонатний (інтервал 4492–4496 м). Порушений тонкими карбонатними жилками. Алевритова складова представлена рівномірно розподіленими у породі зернами кварцу та поодинокими зернами глауконіту. Чітко помітні вкраплення чорної органіки (рис. 8).

Алевроліт кварцовий різнозернистий з поровим змішаним цементом (інтервал 4494–4502 м). Зерна кварцу напівобкатані. Цемент кременисто-карбонатний з домішкою глинистого матеріалу та чорної органіки. Порушений літогенетичними тріщинами (рис. 9).

Алевроліт піщанистий з базально-поровим карбонатним цементом (інтервал 4654–4657 м). Уламкова частина представлена кутастими зернами кварцу. У цементі присутні незначні домішки пелітоморфного глинистого матеріалу. У породі спостерігається чорна органіка. Характерною є наявність вздовж нашарування мікротріщин, до яких приурочені максимальні концентрації органічної речовини (рис. 10).

Пісковик кварцовий з карбонатним цементом базально-порового типу (інтервал 4660–4663 м). Вміст карбонатів становить третину від площі шліфа. Уламкова частина породи представлена погано відсортованими зернами кварцу. У карбонатному цементі присутні домішки глинистого матеріалу та чорної органіки. Порода порушена невеликими тріщинами, залікованими кальцитом (рис. 11).

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 рис. 12.

За даними лабораторних і геофізичних досліджень розкритого розрізу свердловин 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 мД, а іноді – до 2–5 мД.

Породи неоднорідні в нашаруваннях, що можна спостерігати навіть на наведених вище світлинах шліфів. Це спричинило виникнення літогенетичних трі-

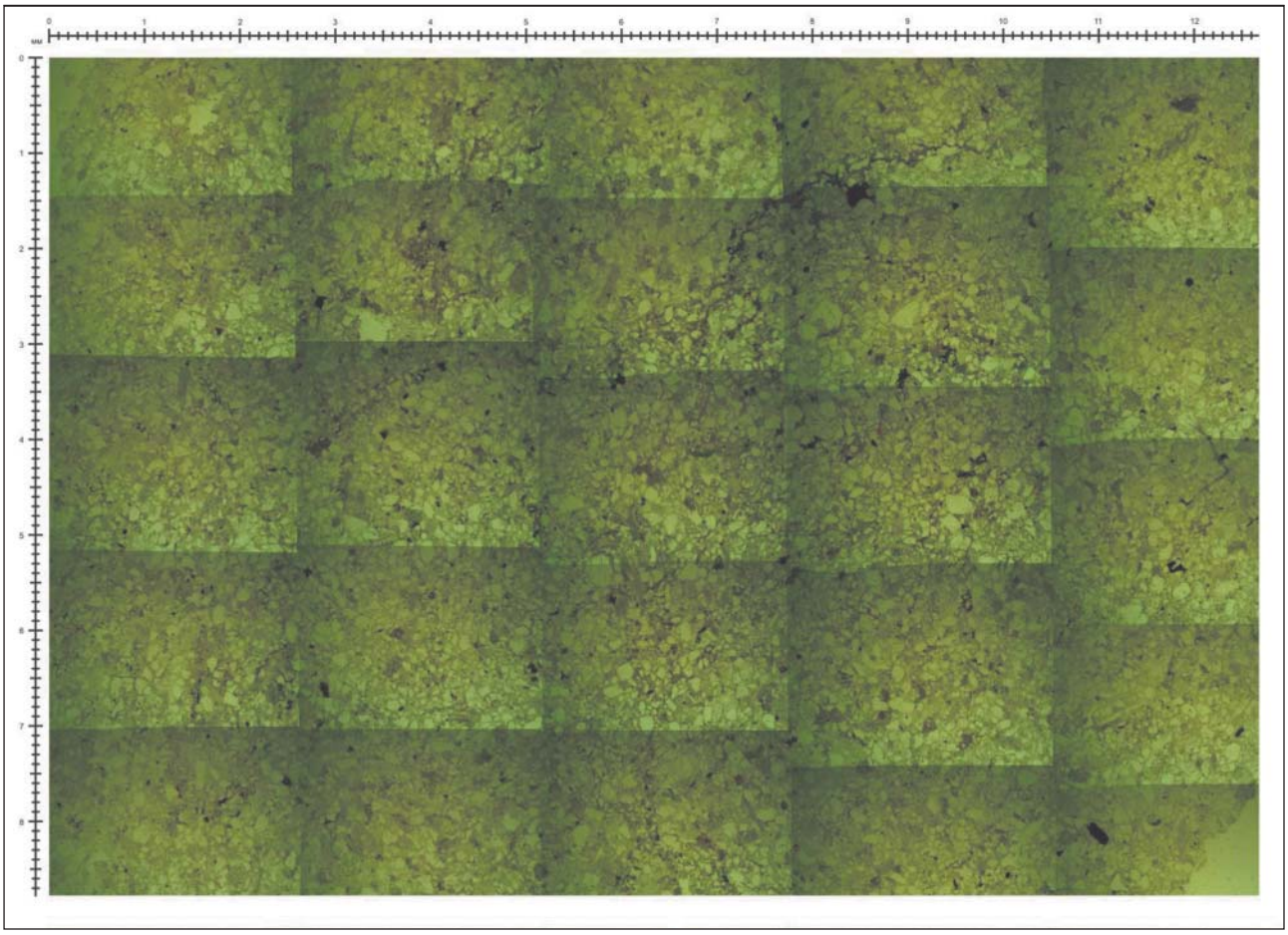

Рис. 11. Панорамне зображення кварцового пісковику, порушеного мікротріщинами

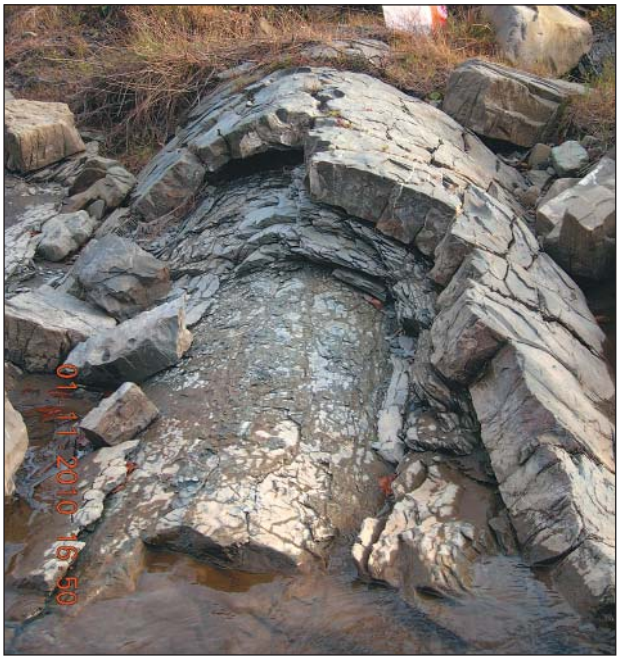

Рис. 12. Склепіння антиклінальної складки у відслоненні стрийських відкладів

щин, які разом із тектонічними тріщинами збільшують проникність порід.

Газонасиченість таких колекторів коливається в межах 40–60%. Вода, що знаходиться в порах, зв'язана і практично нерухома.

Результати випробування свердловин показали низьку продуктивність відкладів такого типу. Тобто ми вивчаємо низькопористі шаруваті (сланцюваті) породи, що і визначатиме особливості їхнього геологічного дослідження з точки зору можливої промислової газоносності.

На основі викладеного можна зробити висновок, що ми маємо справу з нетрадиційними породами-колекторами, характерними для сланцевих порід. За типом пустотного простору вказані породи відносяться до порово-тріщинних, або тріщинно-порових колекторів.

Газоносність низькопористих і низькопроникних порід стрийської світи була встановлена у 60–70 рр. минулого століття на площі Вигода-Витвиця, де за структурними побудовами З.В. Ляшевича, Л.М. Кузьмика та ін. [3] виділено три антиклінальні складки (Вигодська-I, II, III), розбиті на два блоки.

Розріз стрийських відкладів у складці Вигодська-I обводнений. Газоносність складки Вигодська-II

Таблиця 1. Зведена таблиця зміни маси зразків, %

№	Зразок	<120 °С	120–300 °С	300–390 °С	390–550 °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	5,8233

пов'язана з першим піщано-аргілітовим горизонтом. При випробуванні свердловин 66-ВВ і 67-ВВ, які знаходяться в Гошівському блоці, отримано газ дебітом відповідно 1,9 та 9,0 тис. м^3/добу. Свердловини 66-ВВ і 67-ВВ розташовані у присклепінній частині складки.

У складці Вигодська-ІІІ газ отримано з другого піщано-аргілітового горизонту у свердловинах 1-ВВ і 7-ВВ, пробурених у Кропивницькому та Гошівському блоках. У свердловині 1-ВВ з інтервалу 2745–3172 м при відкритому стовбурі отримано 50 тис. м^3 газу на добу. У свердловині 7-ВВ з інтервалу 2780–2982 м при випробуванні в колоні отримано 4,7 тис. м^3 газу на добу. Третій піщано-аргілітовий горизонт в обох блоках за даними промислово-геофізичних досліджень обводнений.

При випробуванні параметричної свердловини Шевченково-1 з інтервалу 6930–6958 м із низів верхньокрейдових відкладів отримано 1,0 м^3 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 газовмісту, які відповідають піщано-аргілітовим породам.

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

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

При випробуванні свердловини Максимівська-4 із чотирьох інтервалів одержано дуже розгазовані припливи води або глинистого розчину.

З метою визначення вмісту органічного вуглецю у відкладах стрийської світи проведено термогравіметричний [2, 6] аналіз аргілітів, алевролітів та пісковиків, відібраних при польових роботах.

Термогравіметричне дослідження проводилося за допомогою приладу NETZSCH STA 449 F3 Jupiter [7] в інтервалі температур 25–800 °С. Швидкість нагріву становила 20 °С/хв. Процес термолізу проводили в атмосфері аргону. Маса наважок взірців ~ 300 мг. Точність вимірювання температури – 1 °С, зміни маси – $1 \cdot 10^{-2}$ мг.

На рис. 13 представлена типова термограма досліджуваних зразків. 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 с екстремумами на 100 °С. Другий етап вирізнявся екзотермічним ефектом і характеризував процес термолізу органічних компонентів, зокрема:

- при температурах 120–300 °С – вихід вільних вуглеводнів;
- при температурах 300–390 °С – вихід «зв'язаних» вуглеводнів;
- при температурах 390–550 °С – вихід CO_2, що утворюється при розкладанні вищих керогенів (С>40).

При вищих температурах починається перетворення глинистих мінералів.

Контроль за складом продуктів термолізу проводився за допомогою інфрачервоного мас-спектрометра Фур'є. Результати експериментальних досліджень представлені у таблиці 1.

Висновки

Дослідженнями встановлено характер розповсюдження газоносності верхньокрейдових відкладів Скибової зони Карпат (Орівська і Сколівська скиби) у межах Долинського нафтогазопромислового району. Перспективи газоносності верхньокрейдових відкладів пов'язуються з окремими піщано-аргілітовими пачками порід товщиною 150–250 м.

Дослідженнями доведено, що при термолізі до 390 °С вихід вуглеводнів становить до 2,5% від маси породи. Це свідчить про те, що аргіліти збагачені органікою і могли продукувати газ, який знаходиться у стрийських відкладах. Не виключено, що вуглеводні могли надходити у ці відклади і за рахунок субвертикальної міграції з більших глибин.

Оцінені запаси газу на площі Вигода-Витвиця за підрахунками З.В. Ляшевича зі співавторами [3] становлять 21 млрд м^3 за категорією C_2. Назагал лише у межах Долинського нафтогазопромислового району запаси газу у верхньокрейдових відкладах оцінюються в обсягах понад 100 млрд м^3.

Таким чином, освоєння запасів газу низькопористих шаруватих (сланцюватих) верхньокрейдових (стрийських) відкладів є актуальним і для розкриття газоносних горизонтів та підвищення їхньої продуктивності потребує

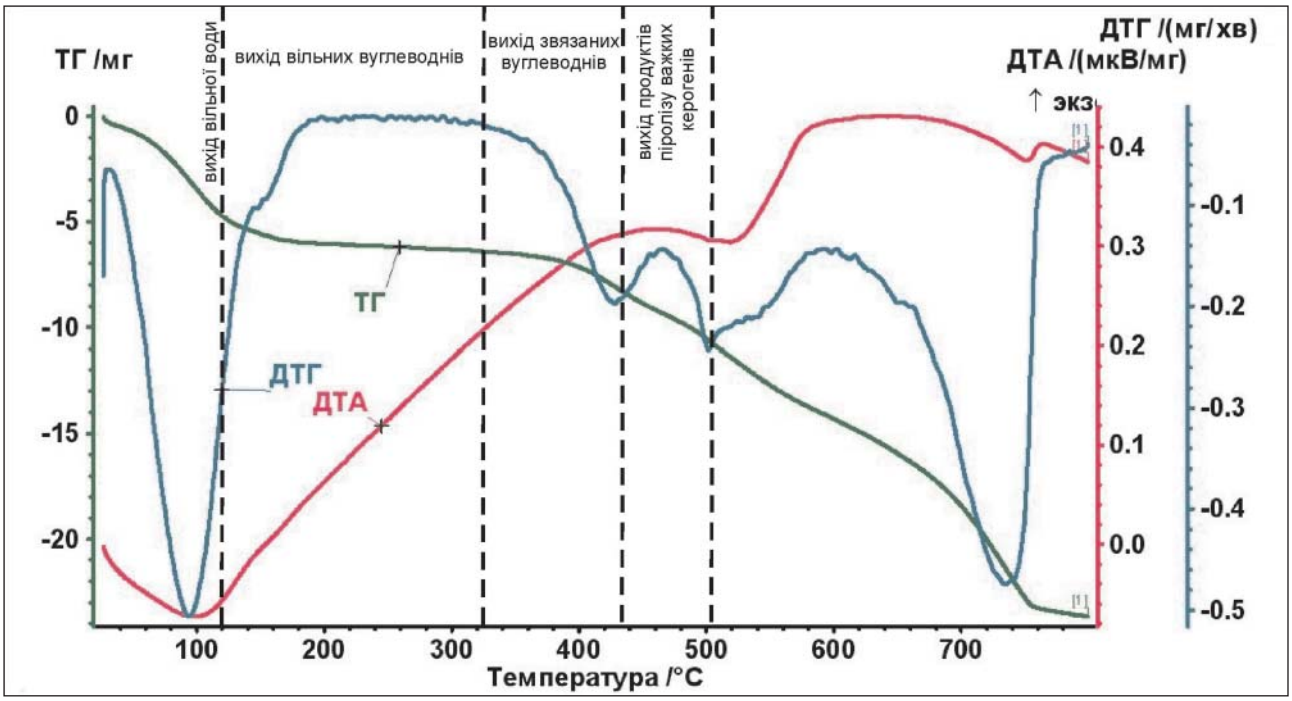

Рис. 13. Результати термогравіметричного дослідження зразка аргіліту стрийської світи верхньокрейдового віку Скибових Карпат
1 – термогравіметрична (ТГ) крива; 2 – диференційно-термогравіметрична (ДТГ) крива

використання новітніх технологій, аналогічних до тих, які використовуються при видобуванні сланцевого газу.

1. *Буров В.С.* Геологическое строение и горючие ископаемые Украинских Карпат / В.С. Буров, В.В. Глушко, И.З. Гонтовой и др. – М.: Недра, 1971. – 371 с.

2. *Иванова В.П., Касатов Б.К., Красавина Т.Н., Розинова Е.Л.* Термический анализ минералов и горных пород. – Л.: Недра, 1974. – 400 с.

3. *Ляшевич З.В.* Геологическое строение и перспективы газоносности меловых отложений / З.В. Ляшевич, Л.М. Кузьмик, Р.И. Бакала, Г.Н. Короткова // Разведка и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 1976. – Вып. 13. – С. 16–19.

4. *Новітні* дослідження геологічної будови і перспектив нафтогазоносності глибокозанурених горизонтів Українських Карпат: Монографія / Б.Й. Маєвський, С.Г. Анікеєв, Л.С. Мончак та ін; За ред. д.геол.-мінерал. наук, проф. Маєвського Б.Й. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2012. – 183 с.

5. *Обоснование* направления поисков нефти и газа в глубокозалегающих горизонтах Украинских Карпат. – К.: Наукова думка, 1977. – 176 с.

6. *Уэндландт У.* Термические методы анализа: Пер. с англ. под ред. В.А. Степанова и В.А. Берштейна. – М.: Мир, 1978. – 526 с.

7. http://www.netzsch-thermal-analysis.com.