

УДК 551.2:553.983(477.8)(292.452)

С. Г. Вакарчук, Н. А. Данишурка, Ю. А. Орач

**ТИПИ КАРБОНАТНИХ КОЛЕКТОРІВ ДЕВОНСЬКИХ ВІДКЛАДІВ У МЕЖАХ ЗАХІДНОГО СХИЛУ
УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА**

S. G. Vakarchuk, N. A. Danyshurka, I. A. Orach

TYPES OF DEVONIAN CARBONATE RESERVOIRS AT WESTERN SLOPE OF UKRAINIAN SHIELD

Визначені типи колекторів і встановлені особливості їх просторової та часової локалізації карбонатних відкладів девонського комплексу західного схилу Українського щита в зв'язку з їх нафтогазоносністю.

Ключові слова: Західний схил українського щита, колектори, карбонатні породи, девонські відклади, вапняки, доломіти.

Определены типы коллекторов и установлены особенности их пространственной и временной локализации карбонатных отложений девонского комплекса западного склона Украинского щита в связи с их нефтегазоносностью.

Ключевые слова: Западный склон украинского щита, коллекторы, карбонатные породы, девонские отложения, известняки, доломиты.

Collector types of Devonian complex carbonate deposits are determined, their spatial and temporal localizations are set in the limits of west side of Ukrainian shield according to their oil and gas content.

Keywords: Western slope of Ukrainian crystalline shield, reservoirs, carbonate rocks, Devonian sediments, limestones, dolomites.

ВСТУП

Сьогодні одним із шляхів зміцнення енергетичної безпеки держави є збільшення власного видобутку нафти і газу, що принципово неможливо без відкриття нових родовищ вуглеводнів (ВВ). У той же час територія суходолу нафтогазоносних регіонів України в цілому характеризується достатньо високою геолого-геофізичною вивченістю та освоєністю початкових ресурсів ВВ. У таких умовах все більшого значення набуває проведення пошукових робіт у межах мало або недостатньо вивчених територій. Одним із таких районів в Україні є територія західного схилу Українського щита (УЩ).

На сьогодні промислова продуктивність карбонатних колекторів девонського комплексу в межах західного схилу УЩ не встановлена. Не зважаючи на те, що на даний час в межах даної частини території не відкрито покладів та родовищ ВВ у девонському карбонатному комплексі отримані непромислові дебіти свідчать про високу перспективність. Таким прикладом є Локачинське газове родовище, де карбонатні разом з теригенними породами формують єдиний резервуар. За наявними даними на карбонатні породи-колектори припадає від 5 до 7% ефективної товщини резервуара у відкладах ейфельського ярусу та від 10 до 15% резервуара у відкладах живетського ярусу [1, 2, 4, 6, 7].

Карбонатні породи-колектори представлені двома основними літотипами — вапняками та доломітами. Вапняки органогенно-детритові, шламово-детритові, нерівномірно перекристалізовані та доломітизовані, іноді тріщинуваті. Поровий простір вапняків представлений переважно ізометрично-неправильними порами і тріщиноподібними мікропустотами. Поряд з пустотами вилуговування є і пустоти перекристалізації. Відкриті пори та мікрокаверни з'єднуються між собою літогенетичними тріщинами [3, 5, 8].

Варто зазначити, що у межах Люблінського прогину на території Польщі у девонських відкладах відкрито одне газове родовище — Цоцожинське. Газові поклади вміщують карбонатні утворення верхнього девону (франський ярус).

Метою роботи є виділення основних типів порід-колекторів девонського осадового комплексу в межах західного схилу УЩ та визначення умов утворення карбонатних колекторів шляхом детального вивчення літологічних ознак, характеру будови пустотного простору.

ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ

Одним із основних критеріїв пошуків ВВ є присутність чи відсутність порід-колекторів. В даній статті визначено типи порід-колекторів девонського осадового комплексу та встановлено

особливості їх просторової локалізації та стратиграфічного поширення.

Карбонатні породи девонської системи в межах західного схилу УЩ залягають на глибинах від 20 до 200 м і розповсюджені переважно в західній та центральній частинах території досліджень. Дані породи найбільш зосереджені в середньому та верхньому девоні, які представляють першочерговий інтерес з точки зору пошуків ВВ. Товщини відкладів змінюються від 20 до 60 м і супроводжуються зміною літології і фацій.

На основі детального вивчення керна матеріалу, аналізу та узагальненню наявних геолого-геофізичних матеріалів по карбонатних породах-колекторах девонського комплексу в межах західного схилу УЩ встановлено таке. За літологічними ознаками, характером будови пустотного простору та умовами утворення серед карбонатних колекторів девонського комплексу можна виділити три основних їх типи. Перший тип представлений вапняками органогенними з переважанням пустот седиментаційного утворення, другий — вторинними доломітами з домінуванням міжзернової пористості, третій — вапняками та доломітами з розвитком кавернозної пористості.

Перший тип. Серед колекторів цього типу за переважанням того або іншого типу органогенних залишків можна виділити три підтипи колектору: вапняки органогенні брахіоподові; вапняки органогенні коралові; вапняки органогенні полідетритові.

Вапняки органогенні брахіоподові сірі та темно-сірі, нерівномірно глинисті, різною мірою перекристалізовані, текстура шарувата, інколи брекчієподібна. Вапняки на 40–70% складаються з численних черепашок брахіопод та їх уламків, в меншій кількості трапляються голки їжаків, остракоди та інші органогенні залишки. Цемент становить не більше 40% породи.

Пустотний простір складається переважно з первинних міжформених та внутрішньоформених пор. Розміри пустот напряму залежать від розміру органогенних залишків. Серед міжформених домінують пори розміром 80–120 мкм. Серед внутрішньоформених — пори 50–60 мкм. Зрідка трапляються і макропори розмірами 15–20 мм, які утворилися за рахунок вилуговування внутрішніх частин брахіопод. Міжформені пустоти з'єднуються, як правило, літогенетичними тріщинами або стилолітами, орієнтованими субпаралельно нашаруванню,

рідше субвертикальними тектонічними тріщинами. Внутрішньоформені пори, як правило, ізольовані. На окремих ділянках брахіоподові вапняки формують акумулятивні банки товщиною до 5–6 м.

За наявними даними відкрита пористість таких вапняків змінюється від 4,5 до 16%, середні значення — від 7 до 8%. Проникність варіює від $0,01 \times 10^{-3}$ до 40×10^{-3} мкм², однак здебільшого не перевищує $0,5 \times 10^{-3}$ мкм².

В стратиграфічному відношенні цей тип карбонатних порід-колекторів у межах території робіт найбільш поширений у відкладах ратської світи франського ярусу верхнього девону. В просторовому відношенні цей тип карбонатних порід колекторів розвинутий лише у північній частині району робіт.

Вапняки органогенні коралові, сірі та світло-сірі, чисті, різною мірою перекристалізовані, зазвичай сильно доломітизовані, текстура масивна, рідше плямиста. Органогенний детрит і шлам в цих вапняках рідкісний. Іноді відмічаються поодинокі уламки самих коралів, черепашок брахіопод та уривки моховаток. В невеликій кількості також трапляються обволікаючі водорості, які наростають на корали, нерідко з'єднуючи між собою окремі стебла. Розмір коралів в поперечнику змінюється в широких межах — від 5 до 1,5 мм, іноді досягаючи 3,0–6,5 см. Цементуюча маса займає близько 10–15% породи.

За наявними даними відкрита пористість таких вапняків змінюється від 7 до 18%, середні значення — 10–11%. Проникність, як правило, не перевищує $0,5 \times 10^{-3}$ мкм², однак може значно збільшуватися за рахунок розвитку тріщинуватості.

В стратиграфічному відношенні цей тип карбонатних порід-колекторів в межах території робіт найбільш поширений у відкладах ремезівської світи франського ярусу верхнього девону. В просторовому відношенні цей тип карбонатних порід-колекторів розповсюджений в основному в межах південно-західної частини району робіт (рис. 1, а).

Вапняки органогенні полідетритові світло-сірі, сірі, темно-сірі, перекристалізовані, нерівномірно глинисті, різною мірою доломітизовані, текстура порід масивна, рідше шарувата. Органогенні залишки становлять 50–80% породи і представлені уламками брахіопод, остракод, форамініфер, гастропод, моховатками, серпулами, уривками водоростей та іншим орґано-

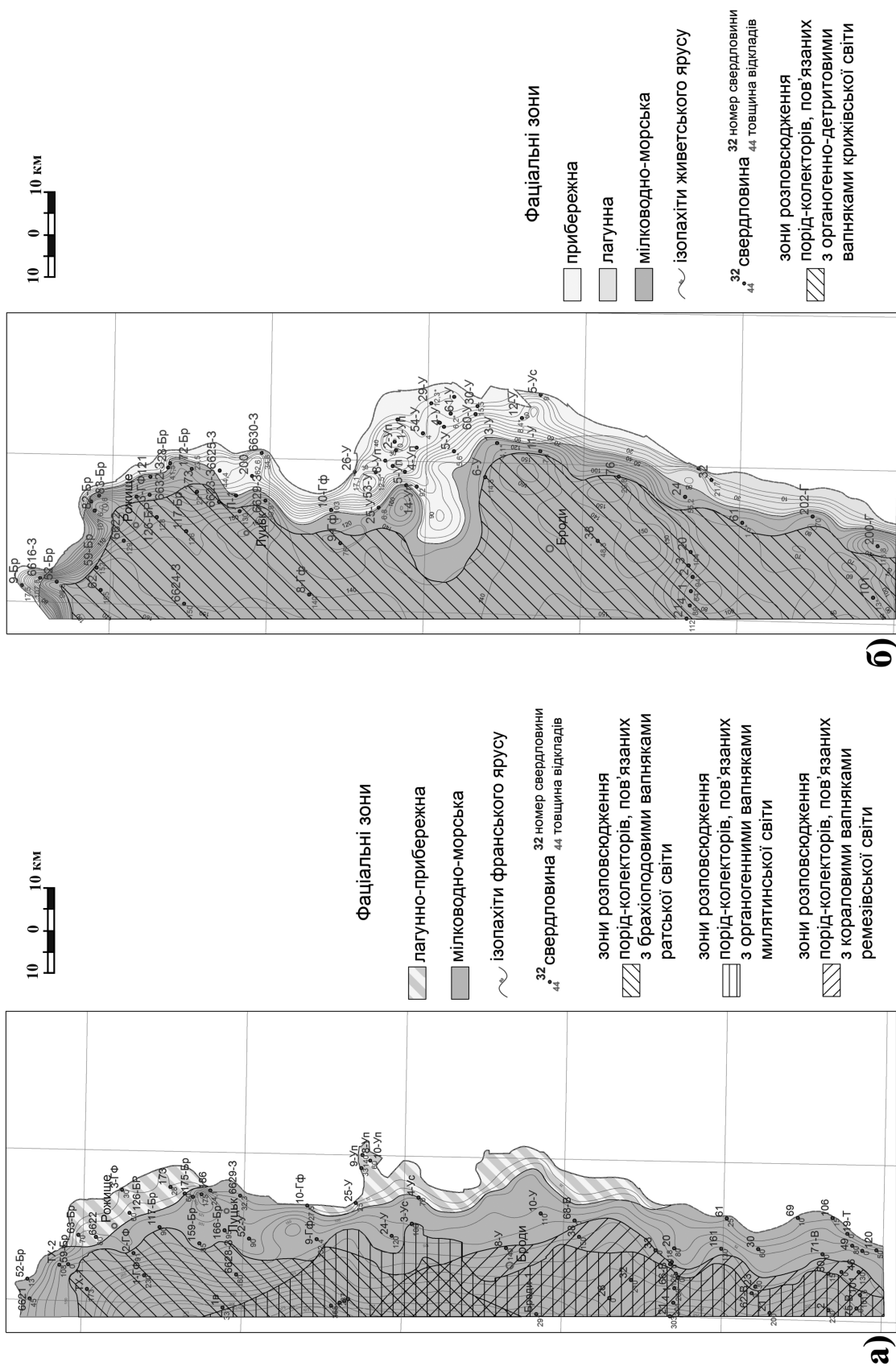


Рис. 1. Карти-схеми поширення порід-колекторів у відкладах франського ярусу верхнього девону та живетського ярусу середнього девону, пов'язаних з брахіоподовими, органігенними, органігенно-детритовими та кораловими вапняками
 а — поширення порід-колекторів у відкладах франського ярусу верхнього девону, пов'язаних з брахіоподовими, органігенними та кораловими вапняками; б — поширення порід-колекторів у відкладах живетського ярусу середнього девону, пов'язаних з органігенно-детритовими вапняками

генним детритом. Цемент, як правило, складає 30–40% породи.

Пустотний простір складається переважно з первинних міжвнутрішньоформених та міжформених пор, при істотному переважанні останніх. Розміри зазвичай 50–60 мкм, іноді 80–120 мкм. Зрідка трапляються і макропори розміром до 5 мм, які утворилися внаслідок вилуговування внутрішніх частин органогенних решток. Міжформені пустоти з'єднуються, як правило, літогенетичними тріщинами або стилолітами, орієнтованими субпаралельно нашаруванню, рідше субвертикальними тектонічними тріщинами, як і в попередньому випадку. Відкриті пори і каверни з'єднуються мікролітогенетичними тріщинами неправильної форми, хаотично розміщеними. Більша частина внутрішньоформених пор і близько 30–40% міжформених пор ізольовані.

За наявними даними відкрита пористість таких вапняків змінюється від 4,0 до 14%, середні значення — 5–6%. Проникність варіює від $0,01 \times 10^{-3}$ до 1×10^{-3} мкм², однак здебільшого не перевищує $(0,3-0,4) \times 10^{-3}$ мкм². Більш високі колекторські властивості характерні для порід з широким розвитком пор роздувів, які утворилися в результаті вилуговування.

В стратиграфічному відношенні цей тип карбонатних порід-колекторів у межах західного схилу Українського кристалічного щита тією чи іншою мірою поширений практично на всіх стратиграфічних рівнях середнього та верхнього девону, однак найбільшого розвитку набув у відкладах крижівської світи (живетський ярус середнього девону), милятинської світи (франський ярус верхнього девону) та відкладах садівської світи (фаменський ярус верхнього девону). В просторовому відношенні цей тип карбонатних порід-колекторів розповсюджений в основному в межах західних районів території досліджень. (рис. 1, б).

Другий тип карбонатних порід-колекторів пов'язаний з вторинними, метасоматичними доломітами. Доломіти сірі, коричнювато-сірі, темно-сірі до чорних, від дрібно- до крупнозернистих, рідше різнозернисті, достатньо часто бітумінозні, тріщинуваті. Ромбодри доломітів, як правило, правильної форми. Текстури різноманітні мозаїчно-зернисті. Органогенні залишки повністю перекристалізовані і вгадуються за «тіньовою» та різнозернистою структурами. З вторинних процесів найбільш часто фіксуються каль-

цитизація, сульфатизація та вилуговування, більш рідко — окремненіння.

Пустотний простір складається в основному з міжзернових пор доломітів. Розміри пор змінюються від 20 до 500, іноді 700–800 мкм. Достатньо часто трапляються макропори, утворені внаслідок вилуговування органогенних залишків. Максимальний розмір таких пор сягає 15–20 мм. Фільтрація відбувається як по міжпорових каналах, так і по літогенетичних та тектонічних тріщинах. Достатньо часто відмічається збільшення ємності тріщин за рахунок розвитку по них пор роздувів. В той же час слід відмітити негативно впливали на фільтраційно-ємнісні властивості порід процеси кальцитизації та сульфатизації, у результаті розвитку яких значна частина пор та тріщин «заліковується» мінеральними новоутвореннями.

За наявними даними відкрита пористість таких вапняків змінюється від 5,0 до 20%, середні значення — 9–10%. Проникність варіює від $0,05 \times 10^{-3}$ до 300×10^{-3} мкм², однак здебільшого не перевищує $(60-100) \times 10^{-3}$ мкм². Причому крупнозернисті доломіти, як правило, характеризуються більш високими фільтраційними та ємнісними властивостями, ніж середньозернисті, а останні — більш високими, ніж дрібнозернисті.

Проведений аналіз літологічних особливостей порід показує, що у більшості випадків доломітизація почалася ще на пізніх етапах діагенезу, однак максимального розвитку набула на ранніх етапах епігенезу. В літологічному відношенні найбільш широко процеси доломітизації проявилися у водоростевих та коралових вапняках. Водорості, скоріш за все, з самого початку містили значну кількість Mg, і при літифікації утворювався високомагнезійний кальцит, який вже на початку епігенезу практично повністю заміщувався доломітом. Високий ступінь доломітизації коралових вапняків обумовлений значною первинною пористістю та проникністю порід, які забезпечували вільну циркуляцію флюїдів, збагачених магнієм.

В стратиграфічному відношенні цей тип карбонатних порід-колекторів у межах території робіт найбільш поширений у відкладах золочівської світи (франський ярус верхнього девону), дещо менше — у відкладах крижівської (живетський ярус середнього девону), та ремезівської світ (франський ярус верхнього девону) (рис. 2, а).

Аналіз просторового розповсюдження порід-колекторів, пов'язаних з вторинними,

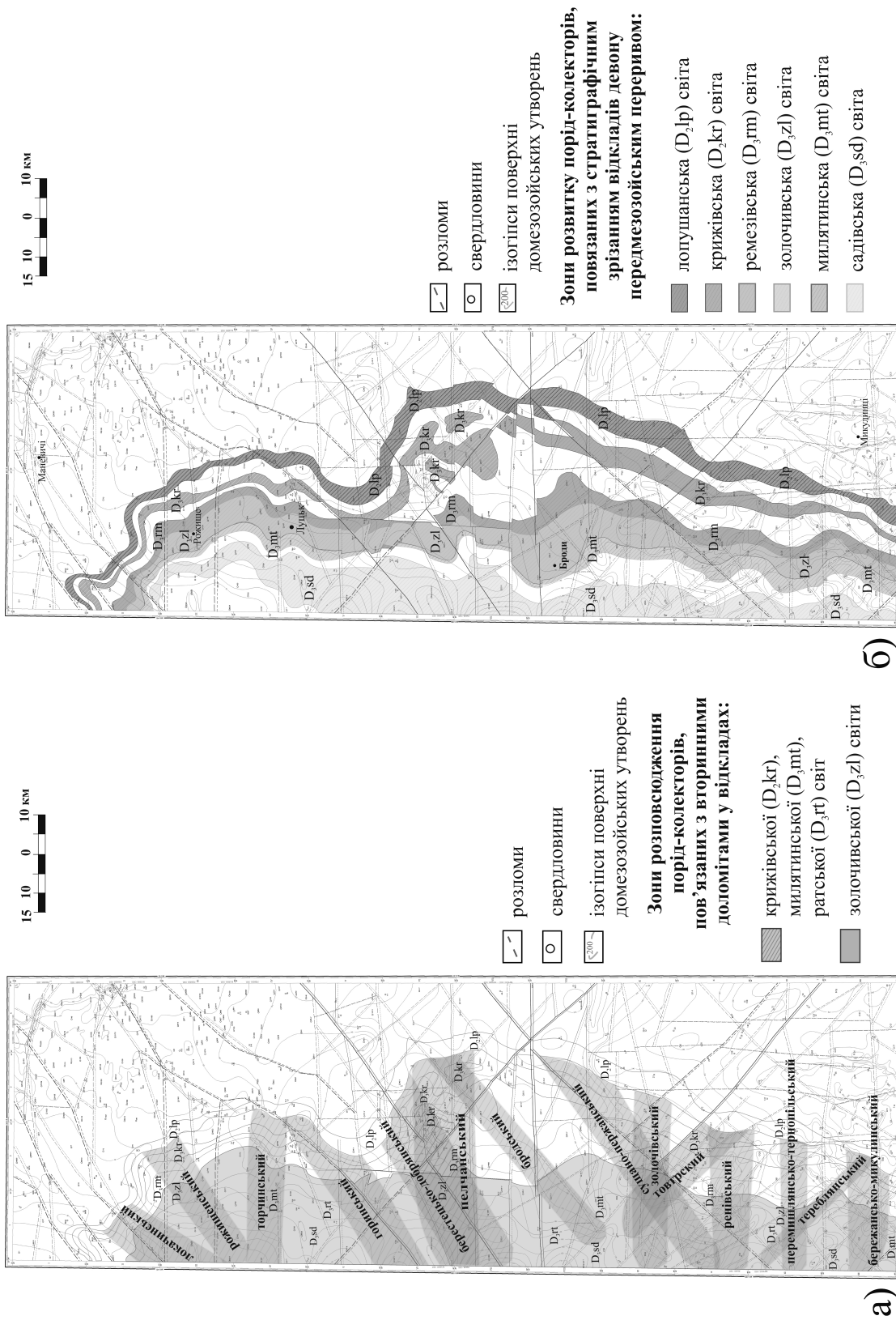


Рис. 2 Карти-схеми зони розповсюдження порід-колекторів, пов'язаних із вторинними доломітами та з стратиграфічним зрізанням відкладів девону передмезозойським переривом
а — розповсюдження порід-колекторів, пов'язаних з вторинними доломітами; б — зони розвитку порід-колекторів, пов'язаних зі стратиграфічним зрізанням відкладів девону передмезозойським переривом

метасоматичними доломітами, дозволив виявити наявність зв'язку між розміщенням зон вторинних доломітів і давніми поперечними структурно-тектонічними елементами за морфологією осадового чохла проявляються як структурні носи. Найбільш інтенсивно процеси доломітизації проявилися на поперечних структурних елементах північно-східної орієнтації (рис. 2, а) і пов'язані з інтенсивною циркуляцією глибинних флюїдів, а також особливими температурними режимами цих зон.

Певним винятком є відклади золочівської світи, де вторинні доломіти мають регіональне розповсюдження. Однак проведений аналіз свідчить, що і в цих відкладах процеси доломітизації відбувалися більш інтенсивно в межах вищезгаданих поперечних структурно-тектонічних елементів, що виражено як на макрорівні (збільшення вмісту доломітів у розрізі), так і на рівні змін структурних та текстурних особливостей порід. Так, вміст крупно- та середньозернистих різновидів вторинних доломітів у межах поперечних структурно-тектонічних елементів значно збільшується.

Більш широкий розвиток вторинних доломітів фіксується також і в зонах регіональних та внутрішньоформаційних переривів.

Третій тип. Цей тип карбонатних порід-колекторів представлений вапняками та доломітами з широким розвитком кавернозної пористості. За літологічними ознаками вапняки та доломіти в цілому аналогічні вищеописаним.

Вапняки світло-сірі, сірі, темно-сірі, різною мірою глинисті, як правило, перекристалізовані та доломітизовані, кавернозні. Структура породи органогенна або масивна. Текстура породи плямиста.

Доломіти коричнювато-сірі та темно-сірі, неоднорідні, різнозернисті, кавернозні. Текстура плямиста, рідше плямиста з елементами реліктової органогенної. Порожнини пронизують весь об'єм породи.

Пустотний простір цього типу колектору є досить складним, оскільки в його формуванні беруть участь різні типи пустот, різних як за генезисом, так і за часом утворення. Зазвичай у цьому типі колекторів присутні практично всі типи пустот: первинні міжформені та внутрішньоформені пори, міжзернові пори доломітів, пори перекристалізації, пори вилуговування, кавернові і тріщинні. Характерною рисою цих колекторів, що і слугувало виділенню їх в окремий тип, є широкий розвиток у них каверно-

вих пустот, які складають від 50 до 90% всього пустотного простору. Розмір каверн варіює від 0,5–0,7 мм до 5,5 см. Вони бувають або крупні поодинокі, або дрібні, що переходять в ажурну губчасту структуру. Нерідко пори і каверни поєднані тріщинами. Розчинення карбонату іноді пошарове. Заповнення пустот частіше відсутнє, або вони інкрустовані доломітом чи кальцитом. Рідше каверни заповнюють епігенетичні мінерали: дрібнозернистий кварц, марказит, пірит, каолінит, ангідрит.

Зазвичай фільтраційні та ємнісні властивості карбонатних порід-колекторів цього типу достатньо високі. Так, за лабораторними даними їх відкрита пористість коливається від 8 до 26% і у середньому сягає 12–15%. Проникність змінюється у широких межах — від $0,05 \times 10^{-3}$ до 1000×10^{-3} мкм².

Високі колекторські властивості карбонатних порід підтверджуються значними припливами води на площах Золочів, Олесько та катастрофічними поглинаннями рідини (площі Локачі, Горохів та ін.).

Розвиток кавернозності у карбонатних породах девонського комплексу пов'язаний як з регіональним передмезозойським переривом, так і з рядом внутрішньоформаційних переривів у середині комплексу.

Внутрішньоформаційні перериви. Особливості палеотектонічного режиму в середньому та пізньому девоні обумовили чергування трансгресивних і регресивних етапів. На регресивних етапах формувались теригенні породи, а на трансгресивних — карбонатні. Область поширення теригенних порід локалізується в основному в північній і центральній частинах, а карбонатних охоплює південну, східну і західну частини. Найбільш повні розрізи поширені в межах західної частини регіону. У східній частині повнота розрізу значно скорочується за рахунок широкого розвитку внутрішньоформаційних переривів, які формувалися під час максимальних регресій моря, в періоди яких в центральних частинах регіону накопичувалися теригенні осадки. Наявність внутрішньоформаційних переривів у розрізах у межах східної частини території достатньо чітко фіксується по випадінню окремих його частин, а також за наявністю кавернозних зон. В розрізах свердловин, які пробурені в межах західного схилу УЩ виділяється декілька таких зон. Товщина таких зон змінюється від 0,5–1 м до 2–4 м.

Найбільш широко зони кавернозних колекторів, пов'язаних з внутрішньоформаційними переривами, розвинуті у відкладах лопушанської (ейфельський ярус середнього девону), крижівської (живетський ярус середнього девону), милятинської (франський ярус верхнього девону) та ратської (франський ярус верхнього девону) світ. З даними переривами пов'язуються зони розповсюдження карбонатних кавернозних порід-колекторів (рис. 2, б).

Регіональна домезозойська перерва. Формування зон розповсюдження кавернозних порід-колекторів у відкладах девонського комплексу пов'язано з передмезозойською перервою, на ділянках зрізання відкладів верхнього та середнього девону. На таких ділянках, карбонатні відклади верхнього і середнього девону залягали безпосередньо під мезозойською поверхнею і протягом тривалого часу перебували у зоні гіпергенезу з широким розвитком карстових процесів. Особливо широко ці процеси проявилися в карбонатних породах лопушанської (ейфельський ярус середнього девону), крижівської (живетський ярус середнього девону), ремезівської, золочівської, милятинської (франський ярус верхнього девону) та сардівської (фаменський ярус верхнього девону) світ. Просторове поширення порід-колекторів пов'язаних зі зонами зрізання відкладів девону передмезозойською перервою показано на рис. 2, б.

ВИСНОВКИ

В результаті проведених досліджень виділено три основних типи порід-колекторів:

перший — вапняки органогенні з переважанням пустот седиментаційного утворення;

другий — вторинні доломіти з переважанням міжзернової пористості,

третій — вапняки та доломіти з розвитком кавернозної пористості.

Для кожного з цих типів встановлена їх стратиграфічна приуроченість та просторове розповсюдження в межах західного схилу УЩ. Виділенні типи порід-колекторів представляють першочерговий інтерес для пошуків ВВ в межах території досліджень.

1. *Геология и нефтегазоносность запада Восточно-Европейской платформы: моногр.* / З.Л. Познякович, А.М. Синичка, Ф.С. Азаренко и др. // — М.: Беларуская навука, 1997. — 696 с.
2. *Доленко Г.Н.* Оценка потенциальных ресурсов нефти и газа на территории Украинской ССР: моногр. / Г.Н. Доленко, Л.Т. Бойчевская, С.А. Варичев и др. — Львов, 1975. — 634 с.
3. *Кадунене Е.Ф.* Нефтеносность осадочных формаций (геогенераций) нижнего и среднего палеозоя западной окраины Восточно-Европейской платформы / Е.Ф. Кадунене, П.П. Лапинская, Е.М. Лашков и др. // *Осадочные формации и их нефтегазоносность.* — М.: Изд-во МГУ, 1978. — С. 248–249.
4. *Крупський Ю.З.* Геодинамічні умови формування і нафтогазоносність Карпатського та Волино-Подільського регіонів України: моногр. / Ю.З. Крупський — К., 2001. — 144 с.
5. *Палий А.М.* К проблеме нефтегазоносности карбонатных отложений верхнего девона на Волино-Подоллии / А.М. Палий, Н.Г. Калик, В.М. Марковский // *Геол. журн.* — 1983. — Т. 43, №3. — С. 122–124.
6. *Рудниченко В.М.* Особенности девонских газовых залежей Локачинского месторождения / В.М. Рудниченко, В.М. Марковский, И.М. Ищенко // *Нефтяная и газовая промышленность.* — 1984. — №3. — С. 16–17.
7. *Сандлер Я.М.* О нижнем палеозое Передкарпатского прогиба и примыкающей части Волино-Подольской окраины Русской платформы / Сандлер Я.М. // *Геология и геохимия нефтяных и газовых месторождений.* — Киев: Наук. думка, 1965. — №1. — С. 176–178.
8. *Скодули В.Д.* Некоторые условия газосности девонских отложений Львовского прогиба / В.Д. Скодули, А.Ф. Романюк // *Геология и геохимия горючих ископаемых.* — 1987. — Вып. 69. — С. 26–29.

Дочірнє підприємство «Науково-дослідний інститут нафтогазової промисловості» Національної акціонерної компанії «Нафтогаз України», Вишневе
E-mail: danishurka@naukanaftogaz.kiev.ua