

Актуальні питання нафтогазової галузі

УДК 552.5+551.7.022.4/734.5 (477.74)
DOI: 10.31471/1993-9973-2021-3(80)-7-18

ЛІТОГЕНЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ФОРМУВАННЯ РЕЗЕРВУАРІВ І ПОРІД-КОЛЕКТОРІВ У СЕРЕДНЬОДЕВОНСЬКИХ ВІДКЛАДАХ СХІДНОСАРАТСЬКОГО РОДОВИЩА (ПЕРЕДДОБРУДЗЬКИЙ ПРОГИН)

В. П. Гнідець, К. Г. Григорчук, М. І. Павлюк, Л. Б. Кошіль, М. Б. Яковенко*

Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України; 79060, м. Львів, вул. Наукова, 3-а;
e-mail: mailto:radkov_n@ukr.net, vgnidets53@gmail.com, kosagri@ukr.net,
koshillesia@gmail.com, myroslavakoshil@ukr.net

Розглянуто літологічні особливості відкладів середнього девону Східносаратської структури Переддобрудзького прогину в аспекті їхнього впливу на формування порід-колекторів і резервуарів вуглеводнів. У розрізі виділено 9 літоциклів регресивної природи (e-1 – e-5; g-1 – g-4), які характеризуються двочленною будовою. Кожний літоцикл є окремим продуктивним горизонтом. Нижні частини останніх складені поровими та тріщинними породами-колекторами (вапняки, доломіти, алевроліти, пісковики), а верхні – флюїдоупорними пачками (мергелі, ангідрити). Особливості обстановок циклічного осадонагромадження спричинили просторово-вікову мінливість локалізації та морфології пасток, характер поширення порід-колекторів різного типу, а постседиментаційні процеси зумовили просторову неоднорідність петрофізичних властивостей порід, що стало причиною різних перспектив окремих ділянок Східносаратського родовища. Склепінні пастки продуктивних горизонтів ейфельських відкладів тяжіють до ділянки св. 2, а живецьких – до св. 1. При цьому у першому випадку найбільш перспективними є горизонти e-2 та e-3, у другому – g-2 – g-4. Часто потужніші пачки більш якісних порід-колекторів розвинені поза межами склепіння, що спричинило формування пасток літологічного типу у горизонтах e-1 та e-2. Показано, що складна структура (наявність прошарків карбонатних та теригенних порід) флюїдоупорних мергельно-сульфатних пачок може спричиняти розсіювання вуглеводнів і тим знижувати перспективи окремих горизонтів, зокрема e-2 та e-3. Встановлена неоднорідність будови продуктивних горизонтів, викликання окремих пачок як порових, так і тріщинних колекторів, просторова нерівномірність розвитку процесів ангідритизації та доломітизації вапняків дають підстави припускати можливість формування окремих покладів з різною гіпсометрією водонафтових контактів.

Ключові слова: вуглеводні; літологічні особливості; літоцикли; породи-колектори; відклади середнього девону; Переддобрудзький прогин.

Рассмотрены литологические особенности отложений среднего девона Восточносаратской структуры Переддобруджского прогиба в аспекте их влияния на формирование пород-коллекторов и резервуаров углеводородов. В разрезе выделено 9 литоциклов регрессивной природы (e-1 – e-5; g-1 – g-4), которые характеризуются двучленным строением. Каждый литоцикл представляет собой отдельный продуктивный горизонт. Нижние части последних составлены поровыми и трещинными породами-коллекторами (известняки, доломиты, алевролиты, песчаники), а верхние – флюидоупорными пачками (мергели, ангидриты). Особенности обстановок циклического осадонакопления вызвали пространственно-возрастную изменчивость локализации и морфологии ловушек, характер распространения пород-коллекторов различного типа,

а постседиментационные процессы обусловили пространственную неоднородность петрофизических свойств пород, что повлекло различные перспективы отдельных участков Восточносаратского месторождения. Сводовые ловушки продуктивных горизонтов ейфельских отложений тяготеют к участку скв. 2, а живецких – к скв. 1. В первом случае наиболее перспективными являются горизонты е-2 и е-3, во втором – g-2 – g-4. Часто мощные пачки более качественных пород-коллекторов развиты за пределами свода, что повлекло за собой формирование ловушек литологического типа в горизонтах е-1 и е-2. Показано, что сложная структура (наличие слоев карбонатных и терригенных пород) флюидоупорных мергельно-сульфатных пачек может вызвать рассеивание углеводородов и тем снижать перспективы отдельных горизонтов, в частности е-2 и е-3. Установлена неоднородность строения продуктивных горизонтов, выклинивание отдельных пачек как поровых, так и трещинных коллекторов, пространственная неравномерность развития процессов ангидритизации и доломитизации известняков дают основания предполагать возможность формирования отдельных залежей с разной гипсометрией водонефтяных контактов.

Ключевые слова: углеводороды; литологические особенности; литоциклы; породы-коллекторы; отложения среднего девона; Преддобруджский прогиб.

The lithological features of the Middle Devonian sediments of the Skhidnosaratska structure of the Dobrudja Foredeep in the aspect of their influence on the formation of reservoir rocks and hydrocarbon reservoirs have been considered. Nine lithocycles of regressive nature (e-1 – e-5; g-1 – g-4), characterized by a two-membered structure have been identified in the section. Each lithocycle represents a separate productive horizon. The lower parts of the latter are composed of porous and fractured reservoir rocks (limestones, dolomites, siltstones, sandstones), and the upper parts are composed of fluid-resistant packs (marls, anhydrites). Features of cyclic sedimentation conditions caused spatial-age variability of trap localization and morphology, nature of distribution of reservoir rocks of various types, and post-sedimentation processes caused spatial heterogeneity of petrophysical properties of rocks, which entailed different prospects for individual areas of the Skhidnosaratske deposit. The vaulted traps of the productive horizons of the Eifelian deposits tend to the area of borehole 2, and the Zhivetian deposits to the borehole 1. Consequently, in the first case, the most perspective horizons are e-2 and e-3, in the second – g-2 – g-4. Often more powerful packs of better-quality reservoir rocks are developed outside the vault, which leads to the formation of lithological traps in the e-1 and e-2 horizons. It has been shown that the complex structure (presence of layers of carbonate and terrigenous rocks) of fluid-resistant marl-sulfate packs could cause dispersion of hydrocarbons and thus reduce the prospects of individual horizons, in particular, e-2 and e-3. The established heterogeneity of the structure of the productive horizons, the pinching out of individual packs of both pore and fractured reservoirs, the spatial uneven development of the limestones anhydritization and dolomitization processes give possibilities to suggest the formation of separate deposits with different hypsometry of water-oil contacts.

Key words: hydrocarbons; lithological features; lithocycles; reservoir rocks; Middle Devonian sediments; Dobrudja foredeep.

Вступ

Біогенно-евапоритові відклади девону Переддобрудзького прогину є одними із перспективних комплексів Причорноморсько-Кримської нафтогазоносної області. Так, у сульфатно-карбонатних нашаруваннях середнього девону відкриті Східносаратське та Жовтоярське родовища нафти та отримані незначні припливи нафти на Білоліській та Сариярській структурах. Поклади вуглеводнів пов'язують [1, 2] з літологічними пастками (біогермами, біостромами), які розвинені у теригенно-сульфатно-карбонатній товщі середнього девону, що складена перешаруванням ангидритів, доломітів, вапняків, аргілітів та піщано-алевролітових порід циклічної послідовності [3, 4].

Проведені нами дослідження [4] вказали на приуроченість карбонатних акумулятивних тіл до нижніх частин циклітів та дозволили спрогнозувати ділянки їхнього розвитку. Низка таких утворень поширена в районі Східносаратської структури (родовища). Остання, порівняно з іншими, відносно добре розбурена, тому всебі-

чні її дослідження дозволять встановити певні особливості розвитку резервуарів, порід-колекторів та флюїдоупорів, що може бути використано при дослідженні подібних літогенетичних утворень.

Мета роботи – встановити літологічні особливості середньодевонських відкладів Східносаратської структури Переддобрудзького прогину в аспекті їхнього впливу на формування порід-колекторів і резервуарів вуглеводнів; зокрема з'ясувати літологічну (циклічну) структуру відкладів ейфельського та живецького ярусів, визначити особливості поширення продуктивних горизонтів, локалізацію, морфологічні особливості та будову резервуарів, характер розвитку порід-колекторів різного типу і якості, і на цій основі спрогнозувати наявність літологічних пасток та оцінити основні перспективи виділених горизонтів щодо їх нафтогазоносності.

Методика

Пошуки, розвідка та експлуатація родовищ у карбонатних породах суттєво ускладнені через їхню фаціальну неоднорідність, латеральну мінливість, багатоманітність літолого-петрографічних типів порід, непостійність петрофізичних властивостей. Особливі труднощі при вирішенні цих питань, зокрема при фаціальній діагностиці, виникають у розрізах свердловин з низьким виходом керну. Вирішувати ці питання дозволяють геофізичні методи досліджень в комплексі з фрагментарними геологічними (літологічними) даними [5]. Власне такий підхід був застосований при вивченні середньо девонських відкладів Східносаратського родовища.

При цьому вирішувалися три основні моменти:

1. Для визначення локалізації та форми пасток та резервуарів будувалися схеми гіпсометрії мергельно-ангідритових частин циклітів, які є основними флюїдоупорними горизонтами.

2. Для з'ясування внутрішньої структури резервуарів визначалася кількість та потужність пачок порід-колекторів. При цьому карбонатні пачки ідентифікуються як природні колектори переважно порового (кавернозно-порового) типу, а теригенні (перешарування аргілітів з алевролітами та пісковиками), враховуючи дані [6-8], розглядаємо як породиколектори тріщинного типу.

3. У карбонатних пачках, які складені органічними вапняками, за ГДС ознаками місцями фіксуються прошарки ангідритів та доломітів. Фрагментарні петрографічні дані засвідчують вторинну природу таких утворень, які розглядаємо як інтенсивно сульфатизовані або (та) доломітизовані вапняки (вміст новоутворень може досягати 50–60% та більше). Отже, вміст доломітових та ангідритових прошарків у карбонатних пачках можна інтерпретувати як ступінь сульфатизації та доломітизації вапняків. Діаметрально протилежний вплив цих процесів на фільтраційно-ємнісні параметри порід дозволяє загалом (за вмістом відповідних літотипів) оцінити якість порід-колекторів у конкретних ділянках.

Результати та обговорення

Літоцикли відкладів середнього девону

Потужність відкладів *ейфельського* віку змінюється від 400 (св. 4) до 459 м (св. 3).

У розрізі виділено п'ять літологічних циклітів регресивної природи (*e-1* – *e-5* знизу вгору), які мають двочленну будову (рис. 1). Нижня частина представлена карбонатними або те-

ригенно-карбонатними породами, верхня – мергельно-сульфатними та сульфатними. Сумарний вміст ангідритів та мергелів у верхніх частинах циклітів становить 66–83 %, у нижніх – 27–39 %; вапняків та доломітів відповідно 16–38 % та 44–61 %.

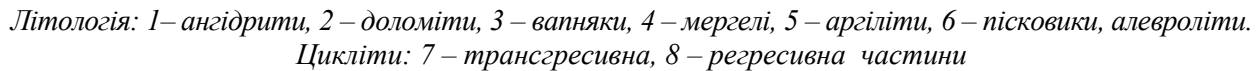
Ці цикліти характеризуються певними просторово-віковими варіаціями породного складу та потужностей. Так, потужність циклітів змінюється від 25 м (*e-5* св. Східносаратська-4) до 179 м (*e-1* св. Східносаратська-1). Загалом переважають значення близько 50–60 м.

Це ж стосується і товщин верхньої та нижньої частин циклітів. Так, потужність сульфатної частини варіює від 15–17 м до 54–118 м. Останнє притаманне св. Східносаратська-1, у якій сумарний вміст ангідрито-мергельних частин досягає 62 % від загальної товщини розрізу (на тлі 30–35 % у решті свердловин Східносаратської структури). Потужність нижньої частини становить 12–107 м. Максимальні значення притаманні св. Східносаратська-3 та 2 (до 70 % від загальної товщини розрізу).

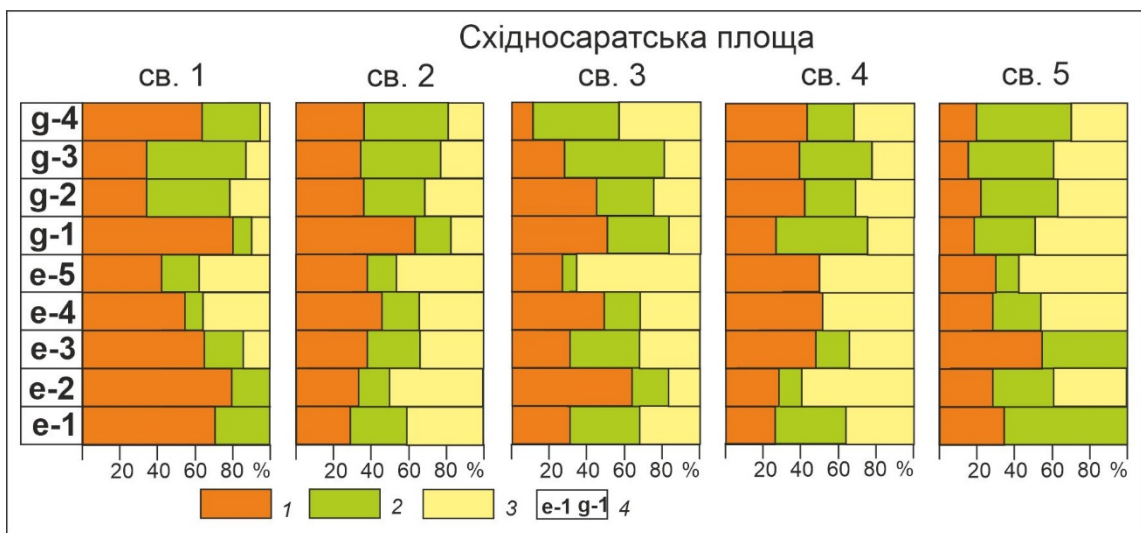
Породний склад окремих частин циклітів теж характеризується певною мінливістю. Так, цикліт *e-1* відрізняється значним розвитком у його нижній частині поряд з вапняками та доломітами піщано-алевролітових та глинистих порід, вміст яких змінюється від 27 % (св. 5) до 44 % (св. 3). У цикліті *e-3* також спостерігаються шари теригенних порід, де їхній вміст становить 17–46 % (відповідно св. 2 та 1). При цьому в цикліті *e-3* товщина теригенних пачок не перевищує 3–6 м, а у цикліті *e-1* – досягає 15 м, і складені вони перешаруванням пісковиків, алевролітів (0,5–2 м) та аргілітів (1–6 м).

Вапняки та доломіти також відзначаються вельми нерівномірним просторово-віковим розвитком. Так, у більшості циклітів вони формують пачки потужністю від 6–8 до 30–40 м, натомість в окремих випадках (*e-1*, *e-2* у св. 1; *e-3* у св. 5) фіксуються лише їх окремі прошарки (до 1–2 м). В деяких циклітах розвинено від 3 до 5 пачок карбонатних порід, що розмежовані малопотужними горизонтами сульфатних або глинистих утворень. Така картина зафіксована у циклітах *e-1*, *e-2* (св. 2; сумарна потужність карбонатних відмін – 43 та 56 м, відповідно); *e-1*, *e-4* (св. 3; 51 та 35 м); *e-4*, *e-5* (св. 5; 46 та 87 м). Згідно з критеріями зазначені особливості [9], дозволяють віднести ці утворення до типу багатоповерхових біостромів, які є перспективними в аспекті формування порід-колекторів.

У сульфатних частинах циклітів також місцями спостерігаються окремі горизонти кар-



Потужність відкладів *живетського* віку змінюється від 129 (св. 3; 4) до 193 м (св. 1). У



Елементи циклітів: 1 – мергельно-сульфатний; теригенно-карбонатний; 2 – теригенні породи, мергелі, ангідрити; 3 – карбонатні породи (вапняки-доломіти); 4 – цикліти

Рисунок 2 – Літологічна будова відкладів середнього девону Східносаратської площі

розрізі виділено 4 цикліти (*g-1–g-4*), потужність яких змінюється від 18 м (*g-2*, св. 4) до 73 м (*g-4*, св. 1).

Сумарний вміст ангідритів та мергелів у верхніх частинах циклітів становить 73–100 %, у нижніх – 0–20%; вапняків та доломітів, відповідно 0–21% та 7–55%. Привертає увагу більш контрастний характер розвитку порівняно з ейфельськими відкладами цих літологічних відмін у певних частинах циклітів, а також значне поширення у нижніх частинах усіх літоциклів теригенних порід. Так, вміст останніх змінюється від 24 у цикліті *g-1* (св. 5) до 85 % у цикліті *g-4* (св. 1). Відповідно і розвиток карбонатних порід є значно меншим: від 6 % у цикліті *g-4* (св. 1) до 50 % у цикліті *g-1* (св. 5). При цьому зазвичай в розрізах живету фіксуються 1–2 карбонатні пачки потужністю 3–12 м. Лише у св. 3 (цикліт *g-4*) та св. 4 (*g-1*) розвинені до 6 пачок сумарною потужністю 23 та 15 м відповідно.

Літологічна будова розрізу сульфатно-карбонатних товщ відображає певну періодичність умов осадоагромадження, зокрема змін рівня моря: сульфатні утворення відповідають регресивним, а карбонатні – трансгресивним етапам розвитку седиментаційного басейну. Як очевидно (рис. 2), в межах Східносаратської площі спостерігається різноманітність циклічності відкладів середнього девону, що вказує на складний характер взаємодії змін рівня моря та структурних деформацій і, відповідно, конседиментаційний характер останніх.

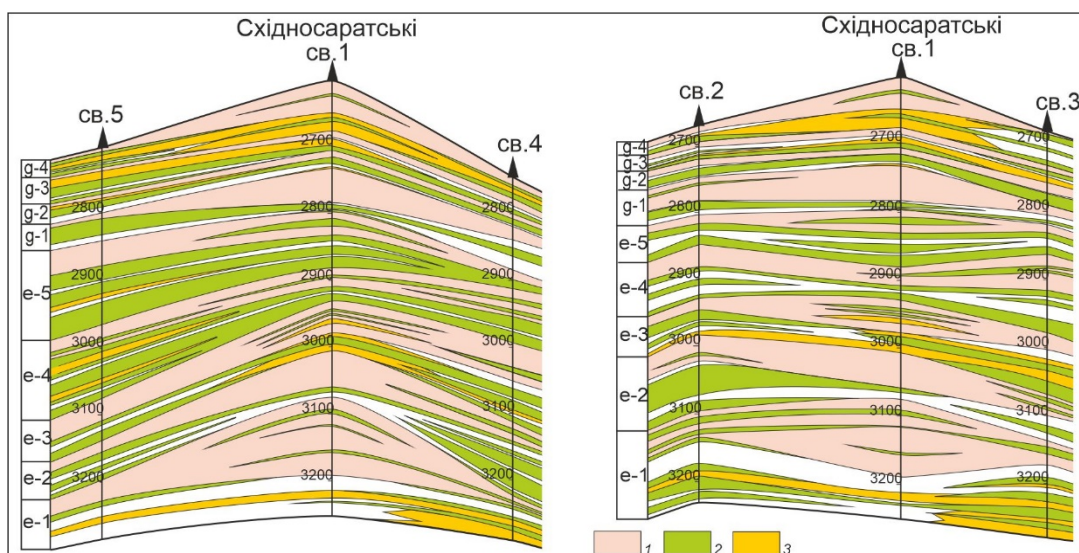
Можна помітити певні закономірності. Так, для *ейфельського* віку (св. 2 та 4) загалом спостерігається зростання регресії від його по-

чатку до кінця. При цьому, якщо у св. 2 фіксується певна кореляція між роллю сульфатних та карбонатних утворень (збільшення вмісту перших відповідає зменшенню вмісту останніх), то у св. 4 такий зв'язок відсутній. Свердловини 2 та 5 відрізняються складнішим характером циклічності розрізу. Так, у першому випадку максимуми регресії пов'язані з циклітами *e-2* та *e-4*, у другому – з циклітом *e-3*. Розріз св. 1 характеризується зростанням трансгресивних тенденцій від початку до кінця ейфельського часу. При цьому спостерігаються зворотні співвідношення вмістів сульфатних та карбонатних утворень.

Своєрідність відкладів *живетського* віку полягає, в першу чергу, у збільшенні інтенсивності теригенного скиду, що певною мірою перешкоджало формуванню карбонатних біостромових утворень. Це, насамперед, притаманно св. 1–3, спільним для яких є і початковий епізод регресії (цикліт *g-1*). В подальшому характер циклічності розрізу у всіх п'яти свердловинах був специфічним. При цьому виразна трансгресивна тенденція притаманна св. 3, регресивна – св. 4, у розрізів спостерігається дещо складніший характер перешарування літоциклів.

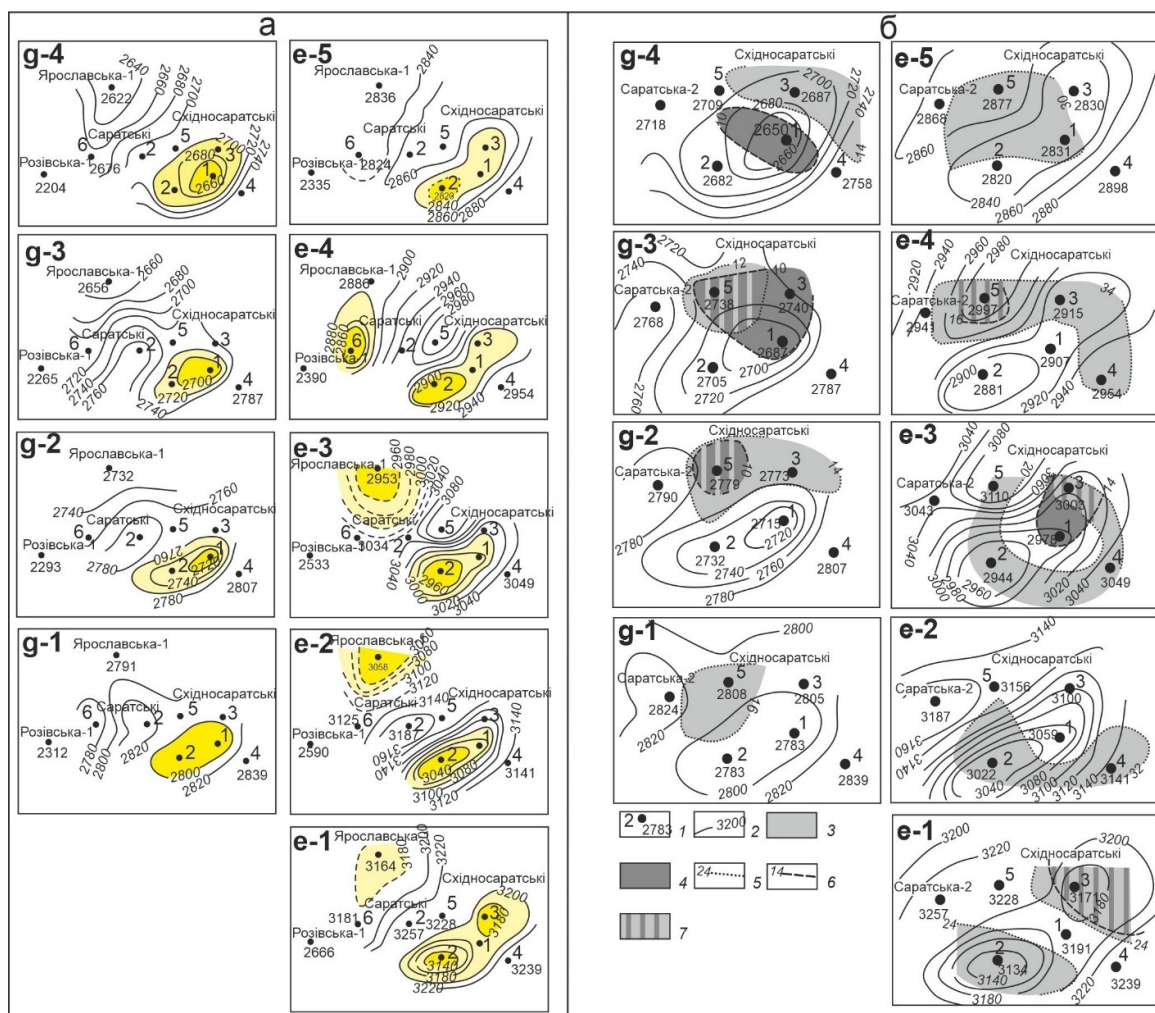
Особливості розвитку резервуарів та порід-колекторів Східносаратського родовища

Кожний з виділених циклітів (*g-1–g-4*, *e-1–e-5*) середньодевонських відкладів розглядається як продуктивний горизонт, що відрізняється як локалізацією, так і морфологією резервуарів (пасток), їхньою будовою та якістю порід-колекторів (рис. 3, 4).



1 – флюїдоупори; колектори: 2 – порові, 3 – тріщинні

Рисунок 3 – Літофізична структура відкладів середнього девону Східносаратської площі



Ізопахіти пачок порід-колекторів: 1 – порових, 2 – тріщинних; ділянки максимальних товщин пачок порід-колекторів: 3 – порових, 4 – тріщинних

Рисунок 4 – Гіпсометрія підовши ангідрито-мергельних горизонтів циклітів відкладів середнього девону Східносаратського родовища (а) та характер розвитку порових і тріщинних порід-колекторів (б)

У продуктивному горизонті *e-1* фіксується видовжена пастка північно-східного простягання. При цьому спостерігається два склепіння. Перше тяжіє до району св. 2, друге – св. 3. Вони розділені сідловиною поблизу св. 1. У розрізі св. 2 виділено чотири горизонти порових порід-колекторів сумарною потужністю 48 м та один – тріщинних (9 м). Останній зафіксовано у всіх свердловинах Східносаратської структури. Максимального розвитку колектори набувають у св. 3, де поряд з чотирма пачками порових (сумарна товщина 46 м) розвинені чотири пачки тріщинних колекторів (35 м). У напрямку св. 1 як з боку св. 2, так і св. 3 більшість з цих пачок виклинюється. Можна констатувати, що найсприятливіші умови для акумуляції вуглеводнів існували у ділянках св. 2 та 3 (склепінні пастки, значна потужність горизонтів порід-колекторів). Найгірші структурно-фаціальні умови притаманні району св. 1. Крім згаданих склепінних пасток можна прогнозувати існування пасток літологічного типу, пов'язаних з виклинюванням колекторських горизонтів від св. 4 та 5 в напрямку св. 1. Особливості літологічної структури сульфатно-мергельного екрануючого горизонту цикліту *e-1* (наявність карбонатних прошарків, та в цілому невелика його товщина) дещо знижують перспективи резервуару району св. 2 у зв'язку з можливістю флюїдних перетоків у вищезалігаючі відклади.

У продуктивному горизонті *e-2* основний резервуар склепінного типу тяжіє до св. 2 (з деяким видовженням у напрямку св. 1). Він складений двома пачками порових колекторів, верхня з яких досягає потужності 50 м, котра різко зменшується в напрямку св. 1, а нижня (15 м) взагалі виклинюється. Останнє притаманне і карбонатній пачці, яка зафіксована у св. 3. У зв'язку з чим існує ймовірність існування пасток літологічного типу. Максимальне поширення яких прогнозується між св. 4 та св. 1 (виклинювання чотирьох карбонатних пачок товщиною 5–26 м) та частково між св. 5 та св. 1 (виклинювання двох карбонатних пачок товщиною 6–8 м). Отже, основні перспективи цього продуктивного горизонту пов'язані з районом св. 2 (склепінна пастка) та ділянкою між св. 4 та св. 1 (виклинювання колекторських пачок).

Морфоструктурні особливості продуктивного горизонту e-3 в цілому є подібними до попереднього. Він відрізняється наявністю, окрім порових, тріщинних порід-колекторів, максимальні потужності яких зафіксовані у св. 1 та 3 (2 пачки сумарною товщиною 14–16 м). В останній свердловині значного розвитку на-

бувають і колектори порового типу (29 м), які в цілому максимально поширені по периферії структури та редукують у напрямку св. 1. У зв'язку з цим можливе утворення літологічних пасток, але неоднорідна структура перекриваючої сульфатної пачки у районі св. 1 могла спричинити перетікання флюїдів у вищезалігаючий горизонт. Отже, сприятливі умови для формування покладів існують лише у ділянці св. 2.

У продуктивному горизонті *e-4* основний склепінний резервуар спостерігається у ділянці св. 2 і простягається до св. 3 з суттєвим зменшенням висоти. У його структурі переважають порові колектори, лише у св. 5 фіксується дві пачки тріщинних відмін, які виклинюються в бік св. 1. Для цикліту характерний розвиток практично в межах усієї структури двох карбонатних пачок, максимальна (сумарна) товщина яких становить 55 м (св. 5) та 36 м (св. 3, 4) і зменшується у південно-західному напрямку до 14 м у св. 2. В цілому можливе існування окремих склепінних пасток (район св. 2 та св. 3).

Продуктивний горизонт e-5 також характеризується розвитком склепінної пастки (район св. 2 – св. 3) з подібними морфологічними особливостями. При цьому максимальний розвиток колекторів спостерігається у св. 5 (три пачки порових колекторів сумарною потужністю 73 м). В напрямку св. 1, 2 та 3 цей параметр зменшується (20–39 м) і мінімальні його значення спостерігаються у св. 4 (12 м). Як і для горизонту *e-4* дві пастки незначної висоти (до 20 м) локалізовані у ділянках св. 2 та св. 3.

У продуктивному горизонті *g-1* склепіння резервуару тяжіє до св. 1 та св. 2. У розрізі розвинена одна пачка порових порід-колекторів, максимальна товщина якої спостерігається у св. 5 (24 м). Вона істотно зменшується у св. 1 та св. 3 (4 та 8 м). В цілому перспективною є склепінна пастка району св. 1, а також ділянка між св. 5 та св. 1, де можливе часткове виклинювання окремих колекторських пачок.

У продуктивному горизонті *g-2* склепіння резервуару тяжіє до св. 1 з видовженням у напрямку св. 2. В цілому у розрізі встановлено одна карбонатна пачка, товщина якої варіює від 16–17 м (св. 3, 5) до 7–9 м (св. 1, 4). У св. 5 та св. 1 розвинені також тріщинуваті породи-колектори (12 та 5 м, відповідно).

У продуктивному горизонті *g-3* склепінна пастка (району св. 1) відрізняється від вищеприписаної більшою висотою резервуару. Крім того, у даному цикліті окрім порових (максимальна товщина у св. 5) розвинені і тріщинні (св. 1, 3, 5) колектори.

У продуктивному горизонті *g-4* максимальна висота склепінного резервуару тяжіє до св. 1, включаючи також ділянки св. 2 та 3. Цей горизонт відрізняється значним розвитком тріщинних порід-колекторів, насамперед у св. 1, де їхня товщина становить 18 м і поступово зменшується до 7–8 м (св. 4 та св. 5) та редукує в напрямку св. 3. Натомість в останній максимально поширені колектори порового типу (19 м). У горизонтах *g-2–g-4* основні перспективи слід пов'язувати зі склепінною пасткою району св. 1.

Характер розвитку порід-колекторів у зв'язку з їх структурно-речовинними особливостями

Основною ємністю карбонатних порід-колекторів є вторинна пористість [11], важливу роль у формуванні якої відіграють процеси катагенезу, насамперед доломітизація. Попри певні розбіжності в інтерпретації її впливу на петрофізичні параметри порід [11], більшість дослідників вважають, що доломітизація вапняків є одним із основних чинників формування якісних природних колекторів [12, 13], т. зв. «цукроподібних» доломітів [4]. Натомість новоутворений ангідрит істотно знижує фільтраційно-ємнісні властивості вапняків.

Згадані процеси широко розвинені у карбонатних породах середнього девону Східносаратського родовища, які представлені перекристалізованими у різній мірі доломітизованими та ангідритизованими органогенно-детритовими вапняками. Біогенні рештки (до 50–70 %) складені фрагментами черепашок форамініфер, остракод, пеліципод, брахіопод, харових водоростей. Останні унаслідок вторинних процесів мікритизовані та перекристалізовані внаслідок чого породи набувають рис органогенно-детритової, згустково-грудкуватої текстури. Міжформенний простір виповнений пелітоморфним кальцитом, який місцями перекристалізований з утворенням мікро- та дрібнозернистої структури. Процеси перекристалізації іноді захоплюють і біогенні рештки: вторинний кальцит виповнює черепашки форамініфер. Породи у багатьох випадках доломітизовані та ангідритизовані у розсіянній, плямуватій та масивній формах. Вміст новоутворень становить 15–25 %, подекуди досягає 50–60 % та більше з формуванням перехідних різновидів: вапнистих ангідритизованих доломітів, доломітизованих та ангідритизованих вапняків, вторинних «цукрободібних» доломітів. Такі сильно перетворені відміни за ГДС ознаками фіксуються як прошарки ангідритів чи доломітів у вапнякових пач-

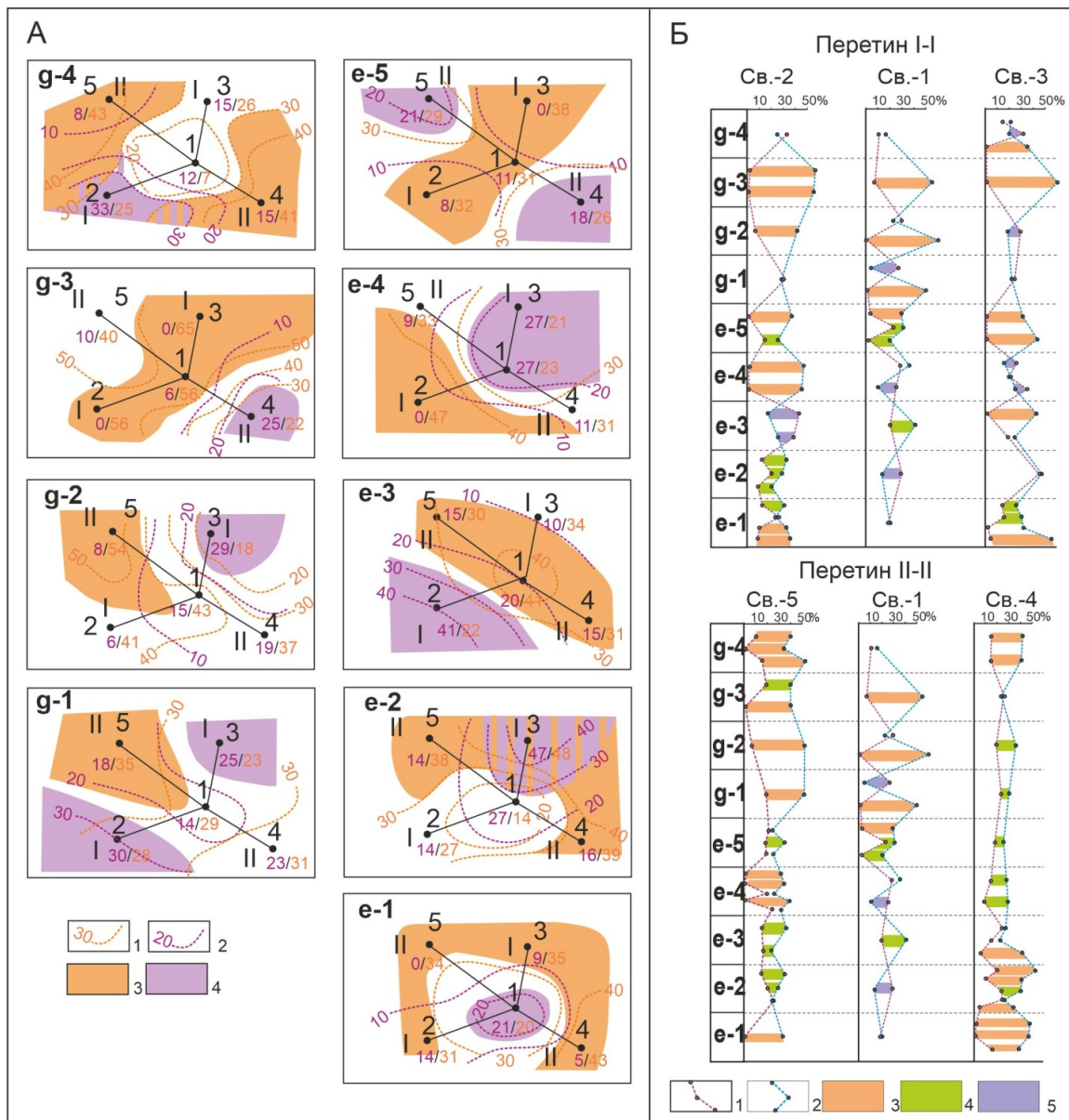
ках. Вміст в останніх цих утвореннях можна розглядати як показник інтенсивності прояву у кожному конкретному випадку процесів ангідритизації чи доломітизації, і, відповідно, враховуючи їхній діаметрально протилежний вплив на петрофізичні параметри, оцінювати якість природних колекторів.

У продуктивному горизонті *e-1* виходячи з розподілу вмістів прошарків ангідритизованих та доломітизованих відмін вапняків, найгірші колекторські властивості порід притаманні району св. 1, найкращі – св. 3 та св. 4 (рис. 5). В цілому якісніші колектори розвинені на схилах Східносаратської структури. Характерна нерівномірність прояву вторинних процесів в окремих пачках карбонатних порід (див. рис. 5). Так, у св. 2 та 3 вверх за розрізом ступінь доломітизації дещо зменшується, а сульфатизації – зростає (якість порід-колекторів погіршується). Натомість у св. 4 характерна стабільна інтенсивність доломітизації у всіх трьох прошарках порід-колекторів.

У продуктивному горизонті *e-2* найкращі природні колектори розвинені у ділянках св. 1, 5, 4 та св. 2, де спостерігається максимальний розвиток доломітизованих вапняків при мінімальних ангідритизованих. Однак, у порівнянні з горизонтом *e-1*, якість порід-колекторів є гіршою, що спричинено більшою інтенсивністю ангідритизації порід та меншим розвитком доломітизації. При цьому найнижчі колекторські параметри порід притаманні районам св. 1 та св. 3, а найвищі – св. 4.

У продуктивному горизонті *e-3* максимальна ангідритизація вапняків спостерігається у св. 2, а доломітизація – св. 3 та св. 4. Відповідно найгірші фільтраційно-ємнісні параметри порід-колекторів прогнозуються у св. 2, що знижує перспективи цієї ділянки, не дивлячись на існування склепінної пастки. Найкращі природні колектори тяжіють до східної частини структури (св. 3, 4). При цьому характерно, що у першому випадку це верхня карбонатна пачка, а у другому – нижня. Цікавим виглядає район і св. 1, де в перетині св. 5–1–4, спостерігається склепінна пастка, а вапняки відносно інтенсивно доломітизовані, що дозволяє очікувати тут розвиток якісних порід-колекторів.

У продуктивному горизонті *e-4* за характером поширення доломітизованих та ангідритизованих відмін вапняків, покращення колекторських властивостей порід слід очікувати у районі св. 2 та св. 5 (див. рис. 5), у яких фіксуються декілька колекторських пачок, що складені доволі інтенсивно доломітизованими вапняками. Найнижчі фільтраційно-ємнісні пара-



А: 1 – вміст доломітизованих вапняків, 2 – вміст ангідритизованих вапняків;
 ділянки підвищеного вмісту: 3 – доломітизованих вапняків, 4 – ангідритизованих вапняків;
 Б: 1 – вміст ангідритизованих вапняків, 2 – вміст доломітизованих вапняків;
 якість порід-колекторів: 3 – висока, 4 – середня, 5 – низька

Рисунок 5 – Характер поширення по латералі (А) та в розрізі (Б) доломітизованих та ангідритизованих вапняків у карбонатних пачках

метри, вочевидь, притаманні породам, які розкриті св. 1 та 3.

У продуктивному горизонті *e-5* поширення доломітизованих відмін спостерігається у смугі св. 2–1–3, до якої, відповідно, тяжіють більш якісні природні колектори. При цьому, якщо у св. 3 останні складають обидві карбонатні пачки, то у св. 2 та 1 тільки верхню (див. рис. 5).

Продуктивний горизонт *g-1* характеризується розвитком більш якісних порід-колекторів (доломітизовані вапняки) у св. 5 та св. 1. Натомість ангідритизовані відміни з гір-

шими фільтраційно-ємнісними властивостями тяжіють до св. 2 та св. 3, значних коливань по латералі середніх ступенів доломітизації та ангідритизації не спостерігається.

У продуктивному горизонті *g-2* покращення колекторських властивостей порід слід очікувати у західній та південно-західній частинах структури (св. 2, 5, 1), де більший розвиток отримали доломітизовані вапняки. Ступінь доломітизації порід відчутно зменшується, а інтенсивність ангідритизації зростає, і петрофізичні параметри, відповідно, зменшуються у північно-східному напрямку (св. 5).

У продуктивному горизонті *g-3* найбільш якісні колектори (доломітизовані вапняки) приурочені до смуги св. 2–1–3. Особливо це стосується св. 2 та 3, де в окремих пачках колекторів прояви ангідритизації практично відсутні. У св. 4 прогнозується погіршення фільтраційно-ємнісних властивостей порід у зв'язку зі значним ступенем їх ангідритизації.

У продуктивному горизонті *g-4* найвища якість порових колекторів прогнозується у св. 4 та св. 5, де спостерігається значний розвиток доломітизованих вапняків, найнижча – у св. 2, 3 та св. 1.

Висновки

У розрізі відкладів середнього девону Східносаратської структури Переддобрудзького прогину виділено 9 літоциклів регресивної природи, які характеризуються двочленною будовою: нижня частина представлена карбонатними або теригенно-карбонатними породами, верхня – мергельно-сульфатними та сульфатними (ангідрити). В межах структури встановлена різноманітність циклічності відкладів, що засвідчує складний характер взаємодії змін рівня моря та структурних деформацій і, відповідно, конседиментаційний характер останніх та відображає ритмічну мінливість умов осадо-нагромадження упродовж середнього девону. Кожний літоцикл є собою окремий продуктивний горизонт.

Особливості обстановок циклічного осадо-нагромадження спричинили просторово-вікову мінливість локалізації та морфології пасток, характер поширення порід-колекторів різного типу у відкладах середнього девону. Постседиментаційні процеси зумовили просторову неоднорідність петрофізичних властивостей порід. Комплексний аналіз цих чинників дозволив в цілому оцінити перспективи різних ділянок Східносаратського родовища по окремих продуктивних горизонтах.

У горизонті *e-1* найкращі умови для акумуляції вуглеводнів прогнозуються у склепінній пастці району св. 2, де розвинені і породи з покращеними в окремих пачках колекторами, і прояви ангідритизації практично відсутні. У св. 4 прогнозується погіршення фільтраційно-ємнісних властивостей. Літологічні пастки прогнозуються на південному сході структури у зоні виклинювання колекторських пачок (від св. 4 до св. 1). Крім того, можливе існування катагенетично екранованих пасток у зв'язку з розвитком у районі св. 1 мінералогічно ущільнених (ангідритизованих) відмін вапняків.

Основні перспективи горизонту *e-2* пов'язані з районом св. 2 (склепінна пастка) та ділянкою між св. 4 і св. 1 (виклинювання колекторських пачок та погіршення їхніх фільтраційно-ємнісних властивостей). Перспективи ділянки св. 2 покращує і можливість існування часткового гідродинамічного зв'язку з горизонтом *e-1* у зв'язку з неоднорідною будовою екрануючої пачки останнього (перешарування мергельно-ангідритових та карбонатних утворень).

Щодо горизонту *e-3* цікавою є склепінна пастка району св. 2 та зона виклинювання пачок колекторів з відносно кращими петрофізичними параметрами (доломітизовані вапняки) поблизу св. 1. Втім, у першому випадку перспективи погіршує низька якість порід-колекторів (інтенсивний прояв ангідритизації), а в другому – можливе певне розсіювання флюїдів через перекриваючий флюїдоупор.

Горизонт *e-4* також є перспективним у ділянці св. 2 (склепінна пастка). Крім того, у зв'язку з погіршенням колекторських властивостей порід у св. 1, можна передбачати певне епігенетичне «екранування» в напрямку від св. 2, 5 та св. 4 до св. 1.

У горизонті *e-5* основний інтерес викликають склепінні пастки району св. 2 та св. 3, де прогнозується і розвиток більш якісних порід-колекторів (доломітизованих вапняків).

Структурні плани продуктивних горизонтів живецьких відкладів (*g-1* – *g-4*) відрізняються від ейфельських локалізацією склепінних пасток переважно у ділянці св. 1 з деяким видовженням в напрямку св. 2 (лише у горизонті *g-4* вона охоплює і св. 3). Слід зазначити, що відносно якісніші породи-колектори (доломітизовані вапняки) максимально поширені у ділянці св. 1. Саме, власне з останньою можна пов'язувати основні перспективи відкладів живецького віку. Щоправда, розвиток у св.1 (горизонти *g-3*, *-4*) доволі потужних пачок тріщинних колекторів, які наявні у св. 3 і в горизонтах *e-1* та *e-3* потребує специфічних заходів при їхньому випробуванні. Це, зокрема стосується якості бурових розчинів, тривалості їх дії на розкриті пласти, відповідної щільності цементних розчинів при кріпленні свердловин з метою запобігання формуванню великих зон проникнення, поглинання цементного розчину та кольматації більш проникних тріщинних відмін порід-колекторів.

Неоднорідність будови продуктивних горизонтів, виклинювання окремих пачок як порових, так і тріщинних колекторів, просторова нерівномірність розвитку процесів ангідрити-

зації та доломітизації вапняків дає підстави припускати можливість формування окремих покладів з різною гіпсометрією водонафтових контактів.

Література

1. Трофименко Г. Л., Герасимов М. Е. Перспективы нефтегазосности сульфатно-карбонатной толщи девона – карбона Преддобруджинского прогиба. *Геологический журнал*. 1991. №5. С. 93–100.
2. Самсонов А. И. и др. О предпосылках нахождения залежей нефти и газа в Одесской области. *Сб. докл. IV Междунар. конф. “Крым-2002”*, г. Симферополь. 2003. С. 237–242.
3. Гнідець В.П., Григорчук К. Г., Полухтович Б. М., Федисин В. О. Літогенез девонських відкладів Придобрудзького прогину (палеоокеанографія, седиментаційна циклічність, формування порід-колекторів). К.: УкрДГРІ, 2003. 96 с.
4. Гнідець В. П., Григорчук К. Г., Кошіль Л. Б., Ціж Н.В., Яковенко М.Б. Літолого-фаціальна зональність та літологічна структура ейфельських відкладів Переддобрудзького прогину *Геодинаміка*. 2016. вип. 20. С. 50–62. <https://doi.org/10.23939/jgd2016.01.050>
5. Танинская Н. В., Васильев Н. Я., Мясникова М. А., Яшина В. Н. Возможности геолого-геофизических методов для диагностики органических построек на примере месторождения имени А. Титова Тимано-Печорской провинции. *Нефтегазовая геология. Теория и практика*. 2015. Т. 10, № 3. С. 6. https://doi.org/10.17353/2070-5379/34_2015
6. Бортницкая В. М. Коллекторские свойства пород Долинского нефтяного месторождения. Вопросы геологии нефтегазовых районов Украины. *Труды УкрНИГРИ*: Москва. 1963. вып. III. С. 369–374.
7. Кульчицкий Я. О. Время и условия формирования нефтегазовых залежей в Восточных Карпатах. Геология и нефтегазосность территории УССР. *Труды УкрНИГРИ*: Москва. 1965. вып. V. С. 80–90.
8. Лукин А. Е. Генетические типы трещиноватости пород глубокозалегающих нефтегазовых комплексов. *Геологический журнал*. 2003. №3. С. 9–25.
9. Махнач А. С., Москвич В. А., Кручек С. А., Урьев И. И. Органогенные постройки девона Белоруссии. Минск: Наука и техника, 1984. 236 с.
10. Скачедуб Є. О. Умови осадконагромадження і нафтогазосність середньодевонсько-

нижньокам'яновугільної евапоритової формації Переддобрудзького прогину. *Геологія і геохімія горючих копалин*. 1998. № 1(102). С. 41–52.

11. Смахов Е. М., Дорофеева Т. В. Вторичная пористость горных пород-коллекторов нефти и газа. Л.: Недра, 1987. 96 с.
12. Морозов В. П. Вторичные изменения карбонатных нефтегазовых известняков Волго-Уральской антеклизы. *Литосфера*. 2006. №3. С. 141–148.
13. Марьенко Ю. И. Газонефтеносность карбонатных пород. М.: Недра, 1978. 240 с.
14. Saller A. H., Yaremko K. Dolomitization and Porosity Development in the Middle and Upper Wabamun Group, Southeast Peace River Arch, Alberta, Canada. *AAPG Bulletin*, V. 78. No. 9. 1994. P. 1406–1430.

References

1. Trofimenko G. L., Gerasimov M. E. Perspektivy neftegazonosnosti sulfatno-karbonatnoy tolschi devona – karbona Preddobrudzhinskogo progiba. *Geologicheskij zhurnal*. 1991. No 5. P. 93–100. [in Russian]
2. Samsonov A. I. i dr. O predposylkah nahozhdeniya zalezhey nefiti i gaza v Odesskoy oblasti. Sb. dokl. IV Mezhdunar. konf. “Krym-2002”, g. Simferopol. 2003. P. 237–242. [in Russian]
3. Hnidets V.P., Hryhorchuk K. H., Polukhtovych B. M., Fedysyn V. O. Litohenez devonskykh vidkladiv Prydobrudzkoho prohynu (paleoceanohrafiia, sedymentsiina tsyklichnist, formuvannia porid-kolektoriv). Kiev: UkrDHRI, 2003. 96 p. [in Ukrainian]
4. Hnidets V. P., Hryhorchuk K. H., Koshil L. B., Tsizh N.V., Yakovenko M.B. Litologofatsialna zonalnist ta litologichna struktura eifelskykh vidkladiv Pereddobrudzkoho prohynu Heodynamika. 2016. Vol. 20. P. 50–62. <https://doi.org/10.23939/jgd2016.01.050> [in Ukrainian]
5. Taninskaya N. V., Vasilev N. Ya., Myasnikova M. A., Yashina V. N. Vozmozhnosti geologo-geofizicheskikh metodov dlya dagnostiki organogennykh postroek na primere mestorozhdeniya imeni A. Titova Timano-Pechorskoy provintsii. *Neftegazovaya geologiya. Teoriya i praktika*. 2015. Vol. 10, No 3. P. 6. https://doi.org/10.17353/2070-5379/34_2015 [in Russian]
6. Bortnitskaya V. M. Kollektorskie svoystva porod Dolinskogo neftyanogo mestorozhdeniya. Voprosy geologii neftegazonosnykh rayonov Ukrainyi. *Trudy UkrNIGRI*: Moskva. 1963. Vol. III. P. 369–374. [in Russian]

7. Kulchitskiy Ya. O. Vremya i usloviya formirovaniya neftegazonosnyih zalezhey v Vostochnyih Karpatah. *Geologiya i neftegazonosnost territorii USSR. Trudy UkrNIGRI*: Moskva. 1965. Vol. V. P. 80–90. [in Russian]
8. Lukin A. E. Geneticheskie tipy treschinovatosti porod glubokozalegayuschih neftegazonosnyih kompleksov. *Geologicheskii zhurnal*. 2003. No3. P. 9–25. [in Russian]
9. Mahnach A. S., Moskvich V. A., Kruchek S. A., Urev I. I. Organogennyye postroyki devona Belorussii. Minsk: Nauka i tehnika, 1984. 236 p.
10. Skachadub Ye. O. Umovy osadkonahromadzhennia i naftohazonosnist serednodevonskonyzhnokamianovuhilnoi evaporytovoi formatsii Peredobrudzkoho prohynu. *Heolohiia i heokhimiia horiuchykh kopalyn*. 1998. No 1 (102). P. 41–52. [in Ukrainian]
11. Smehov E. M., Dorofeeva T. V. Vtorichnaya poristost gornah porod-kollektorov nefti i gaza. L.: Nedra, 1987. 96 p. [in Russian]
12. Morozov V. P. Vtorichnye izmeneniya karbonovih neftegazonosnyih izvestnyakov Volgo-Uralskoy anteklizyi. *Litosfera*. 2006. No3. P. 141–148. [in Russian]
13. Marenko Yu. I. Gazoneftenosnost karbonatnykh porod. M.: Nedra, 1978. 240 p. [in Russian]
14. Saller A. H., Yaremko K. Dolomitization and Porosity Development in the Middle and Upper Wabamun Group, Southeast Peace River Arch, Alberta, Canada. *AAPG Bulletin*, V. 78. No. 9. 1994. P. 1406–1430.